



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Механико-
машиностроительный
институт**

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

3-е изд., исправленное и дополненное
Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Екатеринбург
УрФУ
2015

УДК 621.7.01(076)
ББК 34.5-1я73-5
М55

Авторы: М. Г. Галкин, В. Н. Ашихмин, И. В. Коновалова, А. С. Смагин.

Рецензенты:

кафедра технологии машиностроения Новоуральского государственного технологического института (зав. кафедрой – канд. техн. наук В.В. Закураев);

гл. технолог ОАО «Машиностроительный завод им. Калинина» О.Г. Кулькаманов

Научный редактор – проф., д-р техн. наук, А.М. Антимонов

Механическая обработка тел вращения: учебно-методическое пособие / М. Г. Галкин, В. Н. Ашихмин, И. В. Коновалова, А.С. Смагин. – 3-е изд., испр. и доп., - Екатеринбург : УрФУ, 2015. – 222с.

ISBN 978-5-321-02430-0

В работе рассматривается синтез структуры технологического процесса на основе его принципиальной схемы. Подробно описан механизм моделирования механической обработки при помощи математической модели размерных связей обрабатываемых поверхностей. На основе созданных математических описаний может производиться оценка точности принимаемых проектных решений и необходимая корректировка стартовой структуры маршрута обработки.

Пособие предназначено для выполнения курсовой работы по технологии машиностроения и содержит методику расчета припусков, режимов резания, а также технических норм времени на каждую проектируемую операцию.

Приведен пример оформления комплекта необходимых технологических документов на разрабатываемый технологический процесс и представлены обширные справочные материалы для качественного выполнения курсового проекта.

Библиогр: 13 назв. Табл. 30. Рис. 29. Прил. 10.

УДК 621.7.01(076)

ББК 34.5-1я73-5

ISBN 978-5-321-02430-0 © УГТУ-УПИ, 2009

© Галкин М.Г., Ашихмин В.Н.,
Гаврилюк А.С., 2009

© Уральский федеральный университет, 2010

© Галкин М.Г., Ашихмин В.Н., исправление
и дополнение, 2010

© Уральский федеральный университет, 2015

© Галкин М.Г., Ашихмин В.Н., Коновалова И.В.,
Смагин А.С., 3-е изд. испр. и доп., 2015

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ ОБРАБОТКИ

Конструкция детали (см. прил. 1) предназначена для установки в ней подшипника. В соответствии со служебным назначением, к некоторым ее поверхностям предъявляются повышенные требования к точности размеров, форме и расположению поверхностей, а также шероховатости поверхностей. Наиболее точной из них является поверхность с отверстием под подшипник. Для обеспечения требуемой посадки подшипника в собранном узле рассматриваемая поверхность должна обладать высокой точностью и низкой шероховатостью. Кроме того, для предотвращения перекоса кольца подшипника необходимо обеспечить перпендикулярность торца этого кольца относительно общей оси детали.

Для правильного положения детали в сборочном узле требуется обеспечить перпендикулярность двух торцов относительно общей оси и соосность наружной и внутренней цилиндрических поверхностей.

Эти требования задают схему базирования заготовки в приспособлении и последовательность ее обработки.

На первом этапе необходимо подготовить технологические базы для дальнейшей обработки заготовки, а следовательно, обработать наружную цилиндрическую поверхность и торец, которые позволят при их использовании в качестве баз за один установ обработать большинство оставшихся поверхностей и обеспечить их соосность. Далее, используя подготовленные технологические базы, производится обработка других поверхностей и прилегающих к ним торцов.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА

Технология изготовления деталей в значительной степени зависит от типа производства. Следовательно, на начальной стадии проектирования необходимо установить тип производства данной детали, учитывая ее массу и размер годового выпуска.

Для определения массы детали ее необходимо разбить на элементарные фигуры. В рассматриваемом варианте это будут цилиндры I, II, III, IV, V, VI, VII и конус VIII (см. рис. 2.1). Размерами фасок, канавок и цековки можно пренебречь.

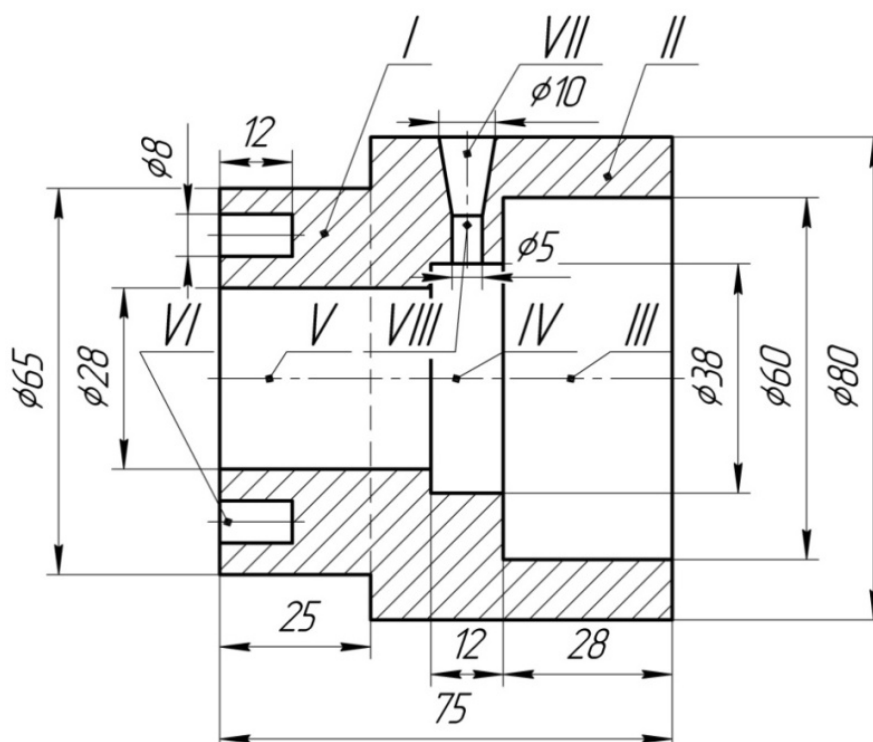


Рис. 2.1. Определение объема детали

Масса детали определяется по формуле

$$m = V \cdot \rho, \quad (2.1)$$

где m – масса детали;

ρ – плотность материала, плотность стали равна $7,8 \text{ кг/м}^3$;

V – объем детали.

Объем детали V определяется по формуле

$$V = V_I + V_{II} - V_{III} - V_{IV} - V_V - V_{VI} - V_{VII} - V_{VIII}. \quad (2.2)$$

Объемы элементарных фигур будут иметь следующие значения:

$$V_I = \pi \cdot 32,5^2 \cdot 25 = 82958 \text{ мм}^3;$$

$$V_{II} = \pi \cdot 40^2 \cdot 50 = 251327 \text{ мм}^3;$$

$$V_{III} = \pi \cdot 30^2 \cdot 28 = 79168 \text{ мм}^3;$$

$$V_{IV} = \pi \cdot 19^2 \cdot 12 = 13609 \text{ мм}^3;$$

$$V_V = \pi \cdot 14^2 \cdot 35 = 21551 \text{ мм}^3;$$

$$V_{VI} = \pi \cdot 4^2 \cdot 12 = 603 \text{ мм}^3;$$

$$V_{VII} = (5^2 + 2,5^2 + 5 \cdot 2,5) \frac{13\pi}{3} = 596 \text{ мм}^3;$$

$$V_{VIII} = \pi \cdot 2,5^2 \cdot 7 = 137 \text{ мм}^3.$$

Окончательно параметр V будет иметь следующее значение:

$$V = 82958 + 251327 - 79168 - 13609 - 21551 - 603 - 596 - 137 = 216812 \text{ мм}^3.$$

Далее определяется значение массы детали:

$$m = 216812 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 = 1,69 \text{ кг}. \quad (2.2)$$

В соответствии с заданием годовая программа выпуска равна 25000 шт. С учетом годовой программы и массы детали определяется тип производства в соответствии с табл. 2.1. Для рассматриваемого варианта производство является среднесерийным.

Таблица 2.1

Зависимость типа производства от объема выпуска и массы

Масса детали, кг	Объем годового выпуска N , шт., в зависимости от типа производства		
	Среднесерийное	Крупносерийное	Массовое
<1	2000–75000	75000–200000	До 2000
1–2,5	1000–50000	50000–100000	>100000
2,5–5	500–35000	35000–75000	>75000
5–10	300–25000	25000–50000	>50000
>10	200–10000	10000–25000	>25000

Известно, что серийное производство характеризуется запуском деталей в производство партиями. Эту величину можно определить по следующей формуле:

$$n = \frac{a \cdot N}{260}, \quad (2.3)$$

где a – число дней, на которое необходимо иметь запас деталей для бесперебойной работы сборочного цеха (табл. 2.2);

260 – число рабочих дней в году при пятидневной рабочей неделе.

Таблица 2.2

Запас деталей на складе

Характеристика деталей	Производство	
	Мелкосерийное	Среднесерийное и крупносерийное
Мелкие	10	5
Средние	5	3
Тяжелые	5	3

В данном случае для среднесерийного производства можно принять $a = 5$.

В соответствии с принятыми значениями из табл. 2.1 и табл. 2.2 и формулой (2.3) размер партии можно рассчитать по формуле

$$n = \frac{5 \cdot 25000}{260} = 480 \text{ (деталей)}.$$

Необходимо учитывать, что в условиях серийного производства используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсально-сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия.

Кроме того, с увеличением размера партии уменьшаются затраты времени на переналадку станков, но, с другой стороны, возрастают затраты на незавершенное производство, складирование заготовок и готовых деталей.

3. НУМЕРАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для удобства проектирования маршрута обработки каждой поверхности детали необходимо предварительно эти поверхности пронумеровать. Желательно придерживаться при этом определенных правил. Номера торцовых поверхностей слева направо должны увеличиваться (в направлении оси Z). Их желательно обозначать нечетными номерами, что облегчит выполнение размерного анализа. Тогда цилиндрические поверхности, фаски, лыски, а также несоосные отверстия можно обозначить четными номерами в направлении слева направо по часовой стрелке.

Пример нумерации обрабатываемых поверхностей рассматриваемой детали приведен на рис. 3.1.

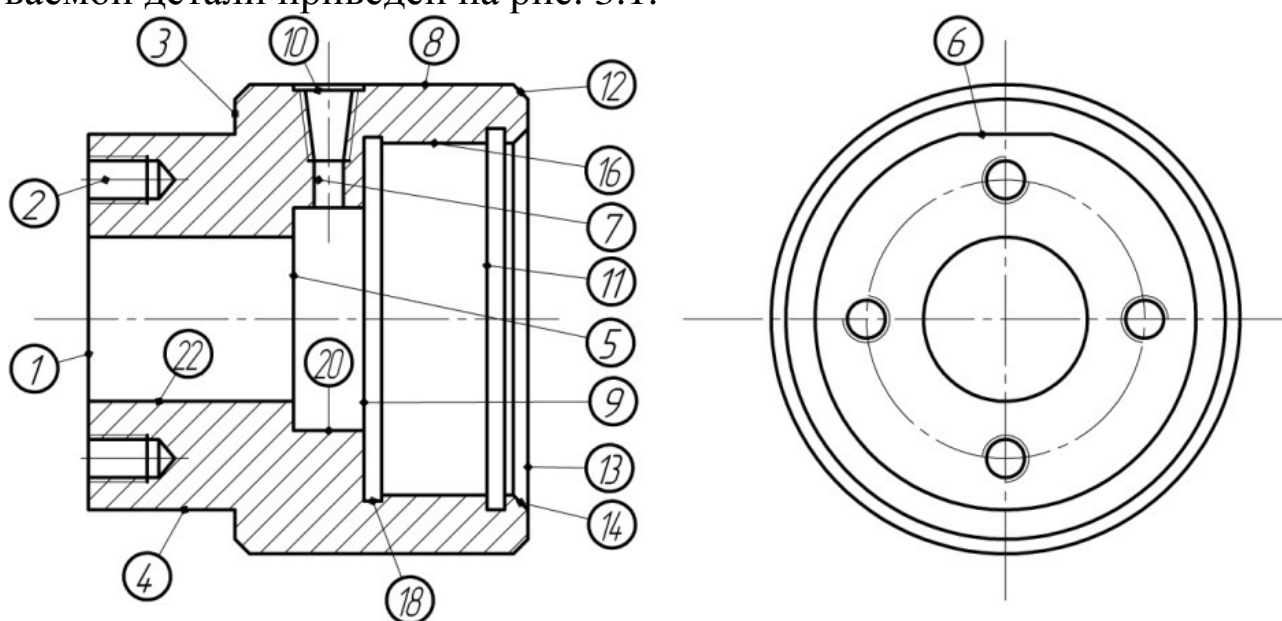


Рис. 3.1. Нумерация обрабатываемых поверхностей детали

4. ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ

4.1. Выбор способа получения заготовки

При выборе способа получения заготовки учитывают следующие факторы:

- 1) материал заготовки;
- 2) конфигурацию детали;

3) тип производства.

При среднесерийном производстве желательно получение формы заготовки, максимально приближенной к форме детали.

Кроме этого, необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, ее размеры и форму, но и экономичность производства.

С учетом этих факторов выбран метод получения заготовки в виде штамповки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП).

Штамповку на КГШП характеризует высокая производительность, высокая точность поковок по высоте и смещению штампов, небольшие штамповочные уклоны и припуски, что дает существенную экономию металла и сокращение объема механической обработки.

Заготовка располагается в двух половинах штампа, а плоскость разъема проходит через плоскость, перпендикулярную оси заготовки. Кроме этого, выполняется наметка отверстия, глубина которой не должна превышать величины 0,8 от диаметра отверстия (рис. 4.1).

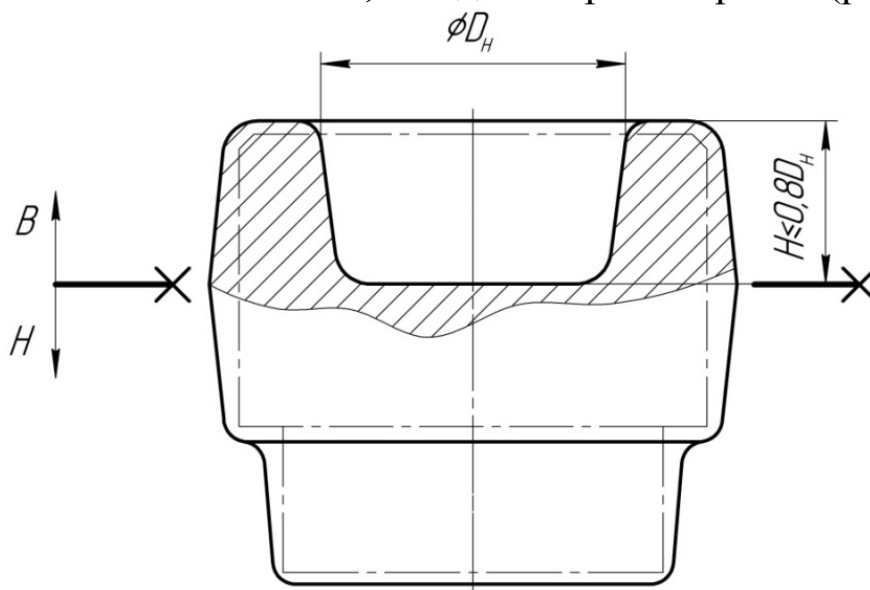


Рис. 4.1. Расположение поковки в штампе

4.2. Определение припусков, допусков и номинальных размеров исходной заготовки

4.2.1. Определение исходного индекса

Исходный индекс для последующего назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений определяется в зависи-

мости от массы поковки, марки стали, степени сложности и класса точности поковки по ГОСТ 7505-89.

Расчетная масса поковки определяется по формуле

$$M_{п.р} = M_d \cdot K_p, \quad (4.1)$$

где $M_{п.р}$ – расчетная масса поковки, кг;

M_d – масса детали, кг;

K_p – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. П.3.1.

Тогда масса поковки будет иметь следующее значение:

$$M_{п.р} = 1,69 \cdot 1,7 = 2,87 \text{ кг.}$$

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления, а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки (табл. П.3.2).

Для принятого метода штамповки можно принять класс точности, равный Т4.

При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V). В соответствии с табл. П.3.4 можно принять для рассматриваемой стали группу М2.

Степень сложности определяют путем вычисления отношения массы (объема) $G_{п}$ поковки к массе (объему) $G_{ф}$ геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром с перпендикулярными к его оси торцами или прямой правильной призмой.

При определении размеров описывающей поковку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение её обработанных поверхностей.

В данном случае штамповку описывает фигура в виде цилиндра. Его диаметральный размер $D_{ф} = 80 \cdot 1,05 = 84$ мм, а линейный размер $L_{ф} = 75 \cdot 1,05 = 78,75$ мм. Тогда объем цилиндра определится как $V_{ф} = \pi \cdot 84^2 \cdot 78,5 / 4 = 435029 \text{ мм}^3$, а его масса $m_{ф} = 435029 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 3,39$ кг.

Соотношение массы поковки и массы описывающей фигуры будет иметь следующее значение: $G_{п}/G_{ф} = 2,87/3,39 = 0,85$.

В соответствии с полученным параметром по табл. П.3.3 можно принять степень сложности поковки С1.

Исходный индекс поковки по известной группе стали, степени сложности и классу точности определяется по табл. П.3.5. В данном случае он будет равен 11.

4.2.2. Определение основных припусков

В соответствии с табл. П.3.6 по определенному ранее исходному индексу и шероховатости поверхностей детали определяются припуски на поверхности исходной заготовки. Результаты выбора оформляются в виде табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основной припуск				
Номер поверхности	Толщина, мм	Диаметр, высота, мм	Шероховатость R_a , мкм	Припуск на сторону Z , мм
1	75	X	3,2	1,8
13			6,3	1,8
13	X	28	6,3	1,8*
9			3,2	1,5
1	X	25	3,2	1,8*
3			3,2	1,5
4–4	X	Ø65	3,2	1,6
8–8	X	Ø 80	6,3	1,6
16–16	X	Ø 60	1,6	1,6

Примечание. Если размер на штамповке получается в разных половинах штампа, то припуск выбирается по строке «Толщина детали»; если размер получается в одной половине штампа, – то по строке «Длина, ширина, диаметр и глубина детали».

4.2.3. Определение дополнительных и общих припусков и номинальных размеров заготовки

В соответствии с табл. П.3.7 и табл. П.3.8 в зависимости от массы и класса точности поковки назначаются дополнительные припуски на поверхности заготовки. Общие припуски и конечные размеры заготовки для рассматриваемого примера представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Общий припуск и размеры исходной заготовки, мм					
Номер поверхности	Размер детали	Припуск			Размер заготовки
		Основной	Дополнительный	Общий	
1	2	3	4	5	6
1–3	25	1,8/1,5	0,3	2,1/1,8	25,3
1–13	75	1,8/1,8	0,3	2,1/2,1	79,2

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
13–9	28	1,8/1,5	0,3	2,1/1,8	28,3
4–4	Ø 65	1,6	0,3	1,9	Ø 68,8
8–8	Ø 80	1,6	0,3	1,9	Ø 83,8
16–16	Ø 60	1,8	0,3	2,1	Ø 55,8

Примечание. Дополнительный припуск учитывает смещение поверхности разреза штампа и коробление заготовки. При этом смещение по поверхности разреза штампа учитывается в диаметральных размерах, а коробление – в линейных размерах.

4.2.4. Назначение допусков, предельных отклонений и определение размеров исходной заготовки

Для определения допуска на размеры исходной заготовки, которые представлены в табл. 4.2, необходимо воспользоваться табл. П.3.9. При этом правила выбора допусков размеров соответствуют правилам назначения припусков. Результаты выбора допусков для рассматриваемого примера представлены в табл. 4.3. При окончательной записи предельных отклонений для отверстий их необходимо перевернуть, чтобы большая величина предельного отклонения находилась со стороны корки заготовки.

Таблица 4.3

Допуски, предельные отклонения и размеры исходной заготовки, мм

Расчетный размер	Допуск	Отклонение		Размер
		Верхнее	Нижнее	
25,3	1,6	+1,1	-0,5	$25,3^{+1,1}_{-0,5}$
79,2	2,2	+1,4	-0,8	$79,2^{+1,4}_{-0,8}$
28,3	1,6	+1,1	-0,5	$28,3^{+1,1}_{-0,5}$
Ø 68,9	2,0	+1,3	-0,7	$Ø 68,9^{+1,3}_{-0,7}$
Ø 83,8	2,0	+1,3	-0,7	$Ø 83,2^{+1,3}_{-0,7}$
Ø 55,8	2,0	+1,3	-0,7	$Ø 55,8^{+0,7}_{-1,3}$

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭТАПОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При выборе метода обработки поверхности исходят из его технологических возможностей:

- обеспечения точности и качества поверхности;
- величины снимаемого припуска;
- времени обработки исходя из производительности.

Для получения поверхностей, с заданными на чертеже требованиями к точности и качеству, должна планироваться обработка в несколько этапов. Поэтому при необходимости назначаются промежуточные состояния поверхностей. Более точная разбивка на этапы может быть проведена с помощью таблиц технологических характеристик методов обработки (табл. П.4.1).

Особое внимание следует обращать на характеристику методов с точки зрения обеспечения точности расположения поверхностей. Например, как правило, отделочные методы не исправляют погрешности формы и расположения, а служат лишь для уменьшения шероховатости.

Выбор методов и этапов обработки отображен в табл. 6.1.

6. ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ

На основании табл. 6.1 формируются технологические операции с выбором оборудования и последующим синтезом схем базирования.

6.1. Формирование маршрутного описания

Каждый этап обработки поверхностей может рассматриваться в виде одной операции, а можно несколько этапов объединить в одну операцию или этап разбить на несколько операций.

В соответствии с принятыми этапами обработки поверхностей в табл. 6.1 маршрутное описание будет состоять из 6 операций, представленных в табл. 6.2. На основании табл. 6.2 необходимо выполнить иллюстрации маршрута обработки. Пример такого описания маршрута приведен далее в работе (см. табл. 6.3).

Таблица 6.1

Выбор этапов и методов обработки

Номер поверх- ности	I этап		II этап		III этап		IV этап	
	14–12 кв.	Ra ($\geq 6,3$)	11–10 кв.	Ra (6,3–3,2)	9–8 кв.	Ra (3,2–1,6)	7–6 кв.	Ra (1,6–0,8)
1	Подрезать предварительно		Подрезать окончательно					
2	Сверлить отверстие		Нарезать резьбу					
3	Подрезать предварительно		Подрезать окончательно					
4	Точить предварительно		Точить окончательно					
5								
	Сверлить отверстие		Развернуть однократно		Нарезать резьбу			
8								
	Подрезать предварительно		Подрезать окончательно					
10								
	Расточить предварительно		Расточить окончательно		Шлифовать предварительно	Шлифовать окончательно		
18								
	Сверлить							

Таблица 6.2

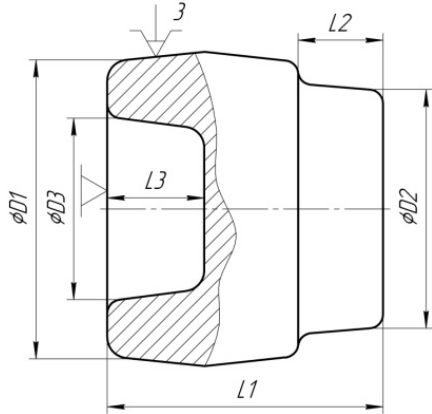
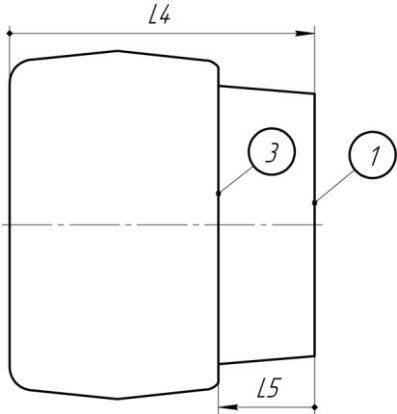
Маршрутное описание технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Номер поверхности
005	Токарно-револьверная	1,3,4,5,8,9,11,12, 13,14, 16,18,20,22
010	Вертикально-сверлильная	7,10
015	Вертикально-сверлильная	2
020	Вертикально-фрезерная	6
025	Внутришлифовальная	16

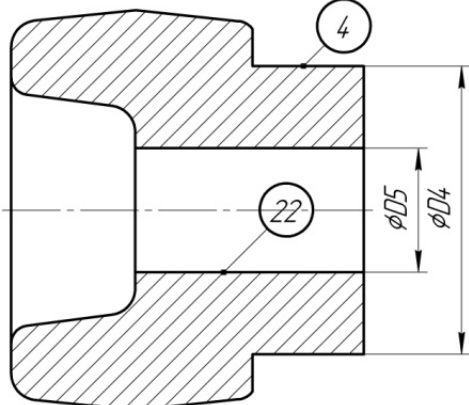
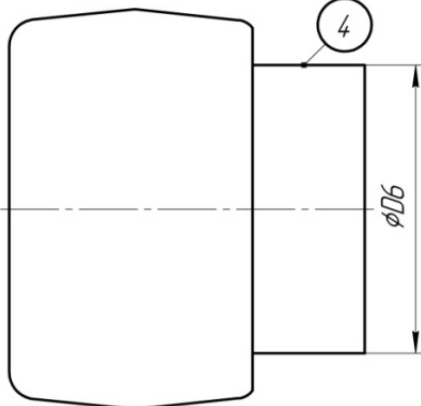
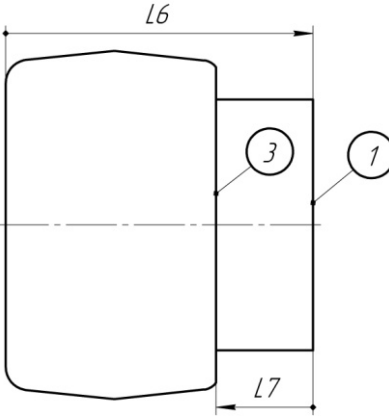
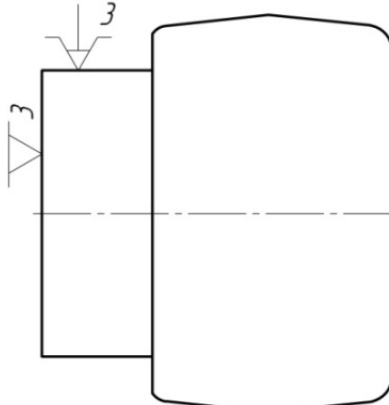
На эскизах необходимо указать схему установа и размеры в буквенном обозначении.

Таблица 6.3

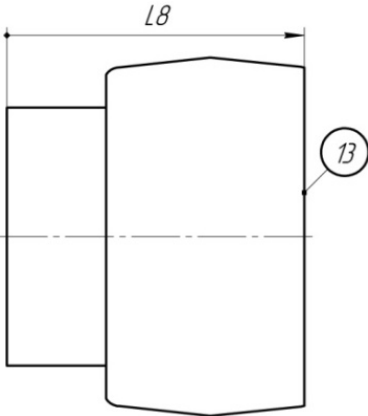
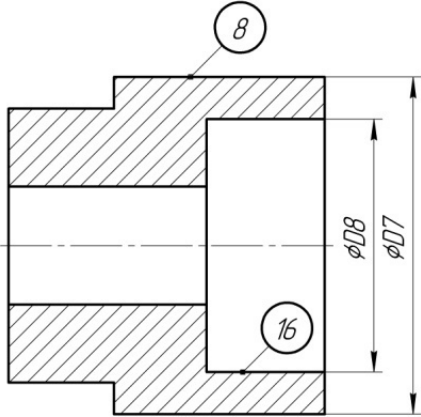
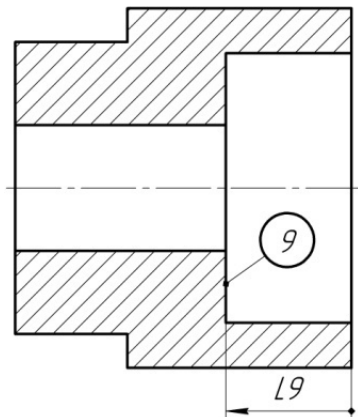
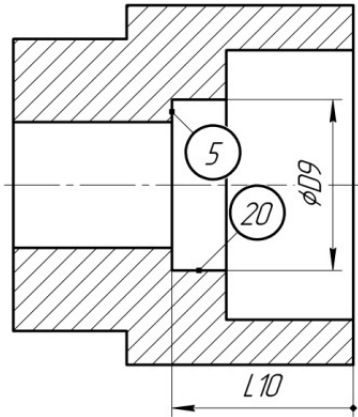
Эскизные планы обработки поверхностей

Номер поверхности	Эскиз	Наименование переходов
1	2	3
Операция 005 Токарно-револьверная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: патрон трехкулачковый
1, 3		2. Позиция ПР-1 Подрезать торец 1 предварительно, подрезать торец 3 предварительно последовательно

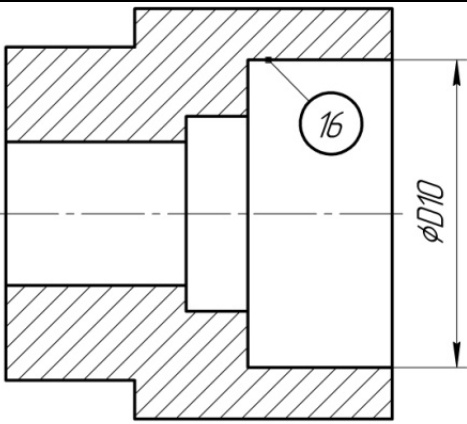
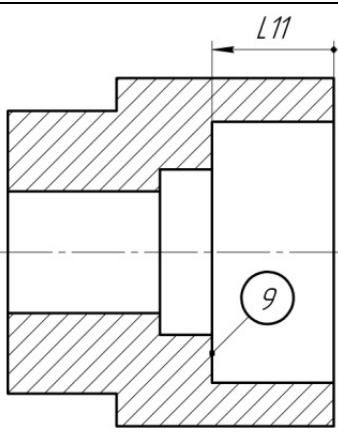
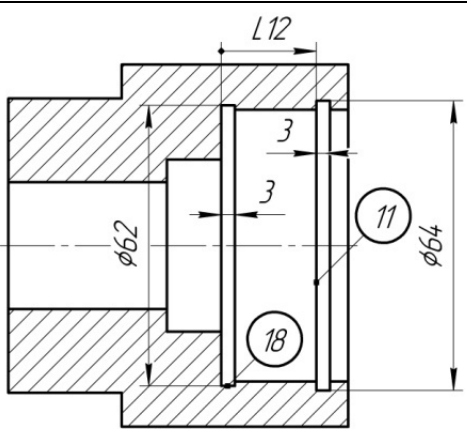
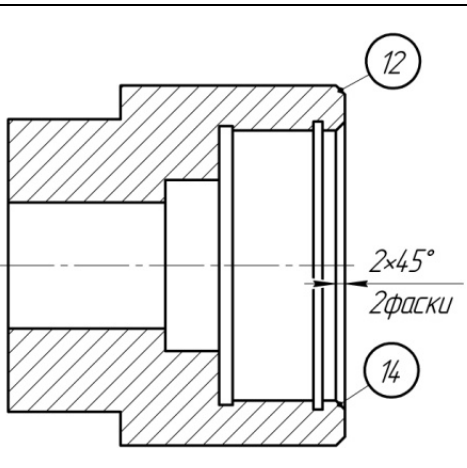
Продолжение табл. 6.3

1	2	3
4, 22		<p>3. Позиция РГ–1 Сверлить отверстие 22, точить поверхность 4 предварительно</p>
4		<p>4. Позиция РГ–2 Точить поверхность 4 окончательно</p>
1, 3		<p>5. Позиция ЗР Подрезать торец 1 окончательно, подрезать торец 3 одновременно</p>
		<p>6. Переустановить заготовку</p>

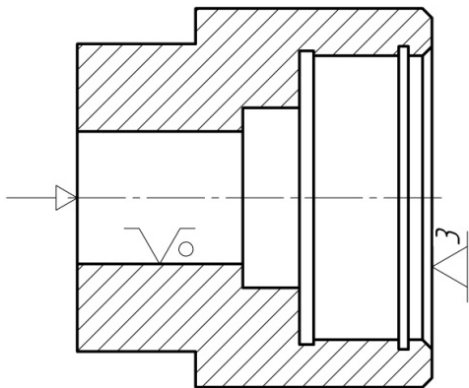
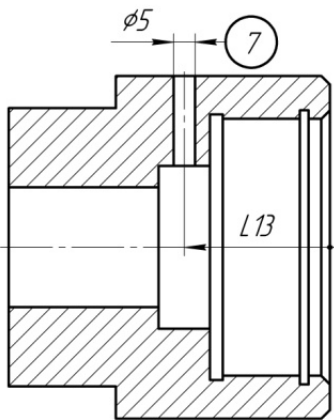
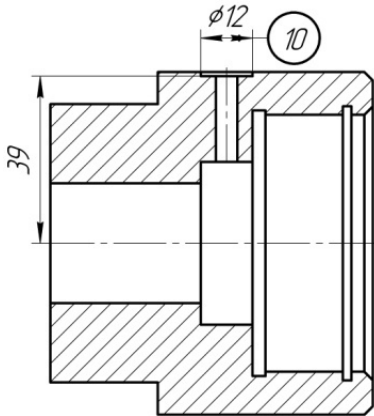
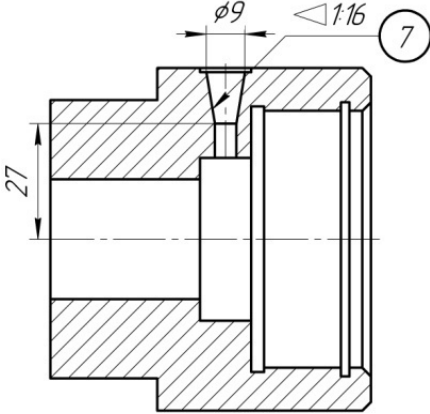
Продолжение табл. 6.3

1	2	3
13		<p>Позиция ПР-2 Подрезать торец 13 однократно</p>
8, 16		<p>8. Позиция РГ-3 Точить поверхность 8 однократно, расточить поверхность 16 предварительно од- новременно</p>
9		<p>9. Позиция ПР-2 Подрезать торец 9 предварительно</p>
5, 20		<p>10. Позиция РГ-4 Расточить поверх- ность 20 однократно, подрезать торец 5 од- нократно последова- тельно</p>

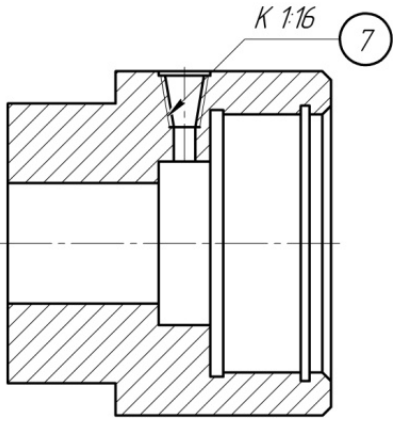
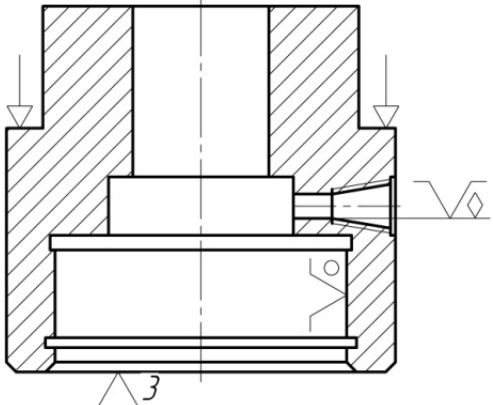
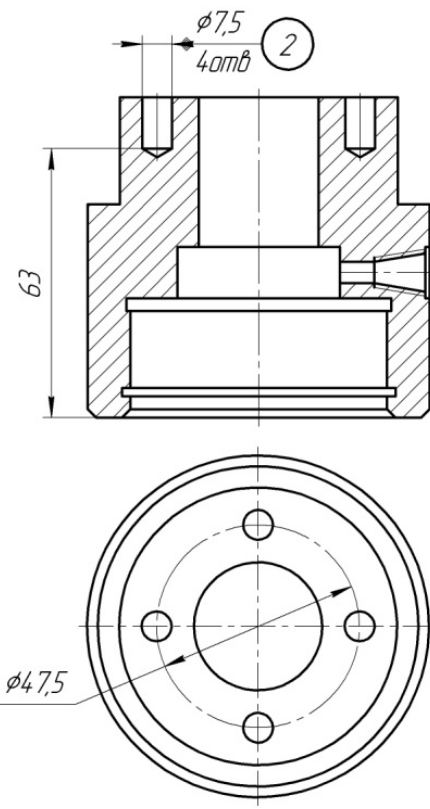
Продолжение табл. 6.3

1	2	3
16		<p>11. Позиция РГ–5 Расточить поверхность 16 окончательно</p>
9		<p>12. Позиция ПР–3 Подрезать торец 9 окончательно</p>
11, 18		<p>13. Позиция ПР–4 Расточить канавку 18, расточить канавку 11 последовательно</p>
12, 14		<p>14. Позиция РГ–6 Точить фаску 12, расточить фаску 14 одновременно</p>

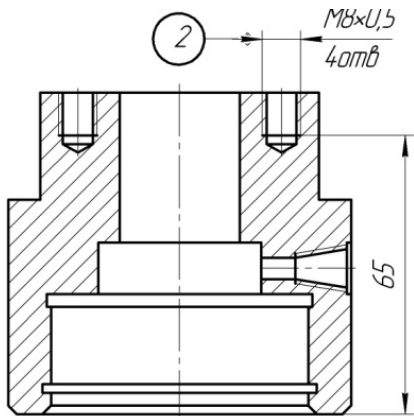
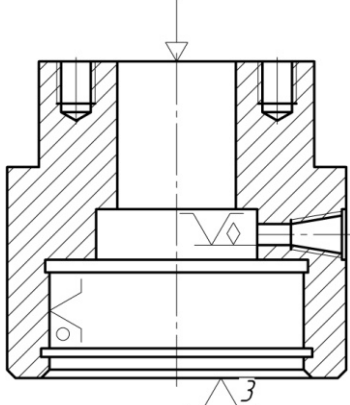
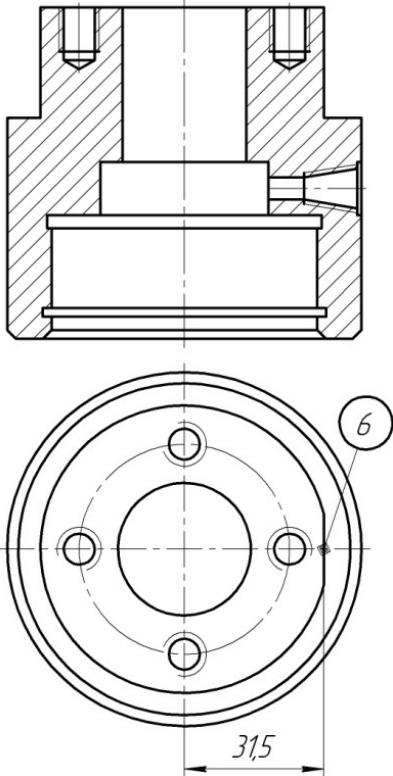
Продолжение табл. 6.3

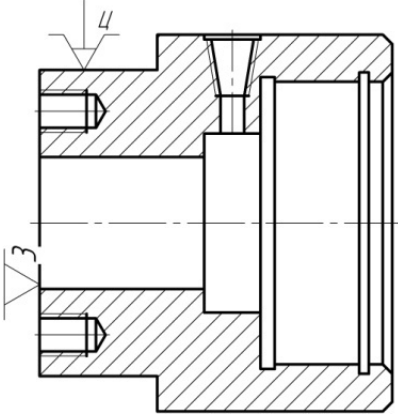
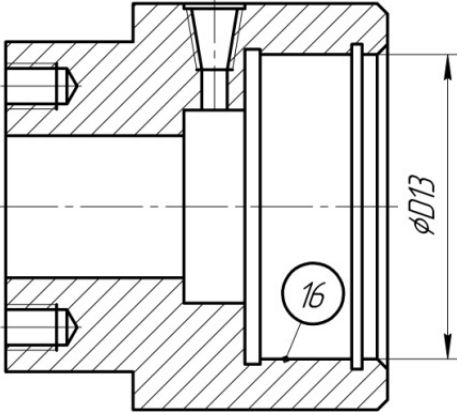
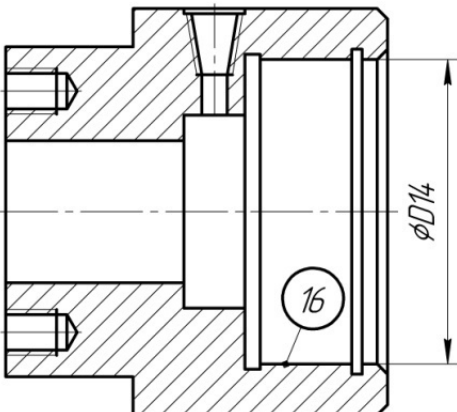
1	2	3
010 Вертикально-сверлильная		
		<p>1. Установить и снять заготовку. ПР: специальное</p>
7		<p>2. Сверлить отверстие 7</p>
10		<p>3. Цековать отверстие 10</p>
7		<p>4. Развернуть отверстие 7</p>

Продолжение табл. 6.3

1	2	3
7		5. Нарезать резьбу в от- верстии 7
015 Вертикально-сверлильная		
		1. Установить и снять за- готовку ПР: специальное
2		2. Сверлить 4 отверстия 2 последовательно

Продолжение табл. 6.3

1	2	3
2		3. Нарезать резьбу в четырех отверстиях 2
020 Вертикально-фрезерная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: специальное
6		2. Фрезеровать лыску 6

1	2	3
025 Внутршлифовальная		
		1. Установить и снять заготовку ПР: цанговый патрон
16		2. Шлифовать поверхность 16 предварительно
16		3. Шлифовать поверхность 16 окончательно

Примечание: РГ – револьверная головка, ПР – передний резцедержатель, ЗР – задний резцедержатель.

6.2. Обоснование выбора оборудования

Оборудование для каждой операции необходимо подбирать с учетом следующих факторов:

1) выбранный станок должен обеспечить выполнение технологических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали – необходимые точность, шероховатость и размеры обработки;

- 2) рабочая зона станка должна соответствовать габаритным размерам обрабатываемой детали;
- 3) производительность станка должна соответствовать заданной программе выпуска деталей;
- 4) мощность, жесткость и кинематические возможности станка должны позволять вести обработку на оптимальных режимах резания с наименьшими затратами времени и себестоимости.

Операция 005 Токарно-револьверная

На данной операции используется токарно-револьверный станок модели 1Е340П. Краткая техническая характеристика представлена в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Техническая характеристика ТРС модели 1Е340П

Параметр										Значение	
Наибольший диаметр прутка, мм										40	
Наибольший диаметр заготовки, закрепляемой в патроне над поперечным суппортом, мм										200	
Максимальная рекомендуемая длина обработки, мм										160	
Максимальный ход поперечного суппорта, мм:										340	
										260	
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹										48–2000	
48	67	95	130	190	260	380	530	750	1050	1500	2000
Рабочая подача револьверного суппорта, мм/об										0,05–1,6	
0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80		1,10	1,60
Быстрый ход револьверного суппорта, мм/мин										2500	
Рабочая подача поперечного суппорта, мм/об										0,05–1,6	
										0,05–1,6	
0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40	0,56	0,80		1,10	1,60
поперечная										0,025–0,8	
0,025	0,036	0,05	0,071	0,10	0,14	0,20	0,28	0,40		0,56	0,80
Мощность электродвигателя главного движения, кВт										6,3	

Это станок повышенной точности с вертикальной осью вращения револьверной головки. Револьверная головка размещена на револьверном суппорте и имеет шесть позиций для размещения инструмента.

Поперечный суппорт может перемещаться с продольной и поперечной подачей. На нем можно установить два резцедержателя – пе-

редний ПР, четырехпозиционный, и задний, неподвижный ЗР, в котором можно устанавливать один или несколько резцов.

Револьверный и поперечный суппорты могут передвигаться независимо друг от друга. Благодаря возможности размещения в револьверной головке и на суппорте многих инструментов, при проектировании технологической операции удастся совмещать во времени несколько переходов.

Станок относится к классу автоматизированных станков, в которых автоматически переключаются приводы рабочих и ускоренных перемещений револьверного и поперечного суппорта, а также частота вращения и скорость подачи. Для включения ускоренного хода вначале вручную поворачивается в нужное положение мнемоническая рукоятка, а дальнейший переход с ускоренного хода на рабочую подачу и отключение рабочей подачи в конце рабочего хода выполняется автоматически.

Поворот РГ, барабана упоров также автоматизирован. Порядок переключений программируется наладчиком или оператором на штекерной панели.

Операции 010 и 015 Вертикально-сверлильные

На рассматриваемых операциях используется вертикально-сверлильный станок 2Н125Л [3, с.20]. Станок относится к универсальным вертикально-сверлильным станкам средних размеров и предназначен для сверления глухих и сквозных отверстий, рассверливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы. В станке предусмотрено автоматическое отключение подачи при достижении необходимой глубины обработки, а также автоматическое реверсирование шпинделя при нарезании резьбы. Его применяют преимущественно для обработки отверстий в деталях сравнительно небольшого размера. Для совмещения осей обрабатываемого отверстия и инструмента на этих станках предусмотрено перемещение заготовки относительно инструмента.

Таблица 6.5

Краткая техническая характеристика станка 2Н125Л

Параметр	Значение
Наибольший диаметр сверления, мм	25
Рабочая поверхность стола, мм	Ø400
Наибольшее осевое перемещение шпинделя, мм	150
Вылет шпинделя от колонки, мм	250
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	700
Число скоростей шпинделя	9
Частота вращения шпинделя, мм/мин	90–1420
Число подач шпинделя	3
Подача, мм/об	0,1–0,3
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	1,5

Операция 020 Вертикально-фрезерная

На данной операции выбран вертикально-фрезерный станок модели 6P12. Краткая техническая характеристика станка указана в табл. 6.6 [3, с.51].

Таблица 6.6

Краткая техническая характеристика станка 6P12

Параметр	Значение
Размеры рабочей поверхности стола, мм	1250x320
Наибольшее перемещение стола, мм:	
продольное	800
поперечное	320
вертикальное	420
Расстояние от торца вертикального шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	30–450
Число скоростей шпинделя	18
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	31,5–1600
Число подач стола	18
Подача стола, мм/мин:	
продольная и поперечная	12,5–1600
вертикальная	4,1–530
Наибольшая масса обрабатываемой детали (с приспособлением), кг	400
Мощность электродвигателей основного шпинделя, кВт	7,5

Данный станок применяется в условиях единичного и серийного производства. На станке можно обрабатывать вертикальные и горизонтальные плоскости, пазы, углы, рамки, зубчатые колеса. Класс

точности станка – Н. Возможна работа в трех режимах – автоматическом, толчковом и ручном.

В автоматическом режиме станок работает при различных автоматических циклах, включая цикл по рамке. В толчковом режиме производятся установочные перемещения стола. Возможна работа по разметке. В ручном универсальном режиме станок работает с использованием рабочих подач, быстрых перемещений, а также ручных перемещений от маховиков и рукоятки.

Технологические возможности станка могут быть расширены с помощью делительной головки, поворотного круглого стола и других приспособлений.

Операция 025 Внутришлифовальная

На данной операции выбран внутришлифовальный станок модели 3К227В. Краткая техническая характеристика станка представлена в табл. 6.7 [3, с.35].

Универсальный внутришлифовальный станок 3К227В предназначен для шлифования цилиндрических и конических отверстий и имеет торцешлифовальное приспособление, расположенное на бабке станка. При этом можно шлифовать с одной установки наружный торец и цилиндрическое или коническое отверстие изделия. Станки применяют на машиностроительных заводах с мелкосерийным и серийным производством.

Шлифование осуществляют с помощью следующих движений: вращение шлифовального круга и детали, поперечная подача детали, продольная подача шлифовального круга. При работе с торцешлифовальным приспособлением необходимы следующие движения: вращение круга и детали и подача круга вдоль собственной оси.

Таблица 6.7

Краткая техническая характеристика станка 3К227В

Параметр	Значение
Наибольший диаметр, мм: устанавливаемой заготовки без кожуха устанавливаемой заготовки в кожухе	400 250
Наибольшая длина устанавливаемой заготовки при наибольшем диаметре отверстия шлифования, мм	125
Диаметр шлифуемых отверстий, мм	5–150
Наибольший ход стола, мм	450
Наибольшее наладочное поперечное перемещение: шлифовальной бабки, мм вперед назад бабки заготовки вперед назад	50 10 120 30
Наибольший угол поворота бабки заготовки, град	45
Наибольший диаметр и высота шлифовального круга, мм	80x50
Скорость движения стола, м/мин: при правке шлифовального круга при шлифовании при быстром продольном подводе и отводе	0,1–2 1–7 10
Частота вращения шпинделя, об/мин: внутришлифовального бабки заготовки	9000; 12000; 18000; 22000 60–120
Мощность электродвигателя привода шлифовального круга, кВт	4

6.3. Обоснование выбора схем базирования по операциям

Выбор баз является одним из важнейших вопросов при разработке технологического процесса деталей, т. к. правильным выбором баз в значительной степени обеспечивается точность обработки. Особенно важно выбрать базовую поверхность для выполнения первой операции – черновую базу.

Операция 005 Токарно-револьверная

Установ А

На рассматриваемом установе требуется обработать поверхности 1, 3, 4 и 22. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве черновых баз выбраны необработанные цилиндрическая поверхность 8 и торец 13 (Рис. 6.1).

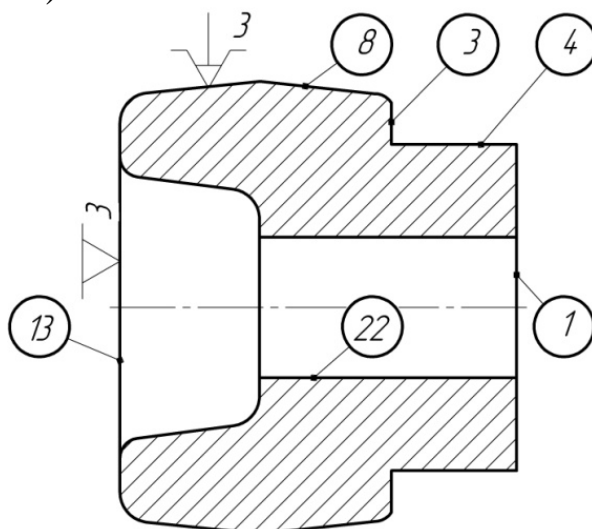


Рис. 6.1. Схема базирования заготовки на установе А операции 005

Поверхность 8, исходя из ее протяженности, принята в качестве двойной направляющей базы. Она лишает заготовку четырех степеней свободы (перемещения вдоль двух осей и поворота относительно этих же осей).

Поверхность 13 принята в качестве опорной базы. Она лишает заготовку одной из трех степеней свободы (перемещения вдоль одной оси).

Основания, послужившие для выбора черновых баз:

- 1) поверхности черновых баз обеспечивают достаточно устойчивое положение заготовки в приспособлении;
- 2) на данном установе ведется обработка поверхностей, к точности и качеству которых не предъявляются высокие требования.

Эта схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т. к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей). Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Установ Б

На рассматриваемом установе требуется обработать поверхности 5, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 18 и 20. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные на предыдущем установе цилиндрическая поверхность 4 и торец 1.

Поверхность 1, в соответствии с её размерами и положением относительно обрабатываемых поверхностей, выбрана в качестве установочной базы, которая лишает заготовку трёх степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно двух других осей).

Поверхность 4 принята в качестве двойной опорной базы. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух координатных осей).

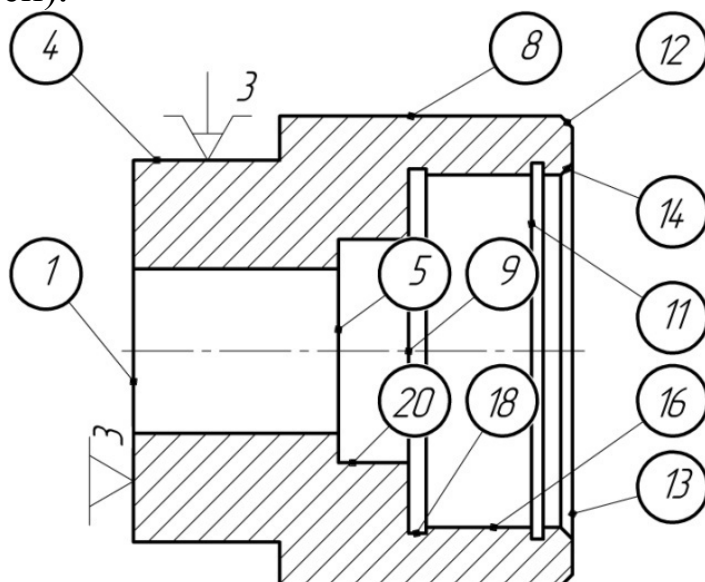


Рис 6.2. Схема базирования заготовки на установе Б операции 005

Такая схема установки обеспечивает неполную ориентацию заготовки в системе координат станка, т. к. заготовка оказывается лишенной пяти степеней свободы (три перемещения и два поворота относительно координатных осей). Данная ориентация достаточна для обеспечения точности всех обрабатываемых на операции поверхностей.

Операция 010 Вертикально-сверлильная

На рассматриваемой операции требуется обработать поверхности 7 и 10. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные цилиндрическая поверхность 22 и торец 13 (см. рис. 6.3).

Поверхность 13 является установочной базой, поверхность 22 – двойной опорной базой.

В результате заготовка лишена 5 степеней свободы.

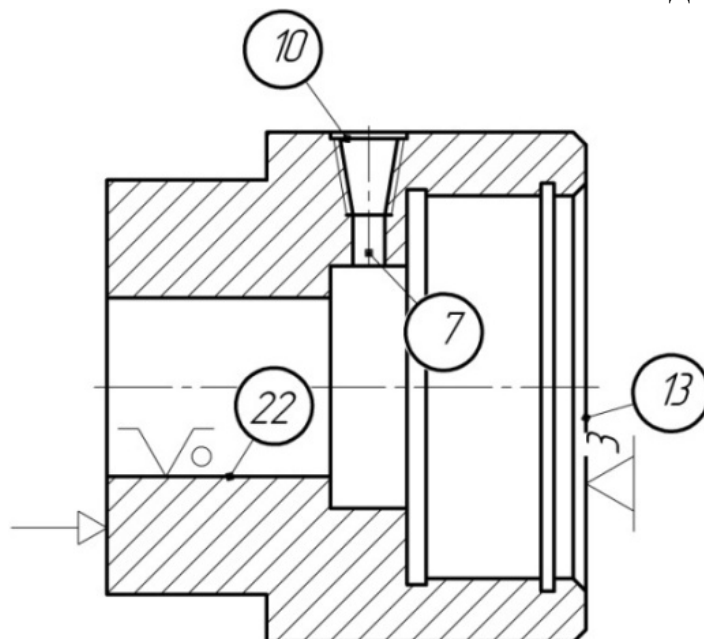


Рис. 6.3. Схема базирования заготовки на операции 010

Операция 015 Вертикально-сверлильная

На рассматриваемой операции требуется обработать четыре резьбовых отверстия 2. Для ориентации (базирования) заготовки в качестве чистовых баз выбраны обработанные на предыдущей операции поверхности 7 (рис. 6.3), 16 и 13 (рис. 6.4).

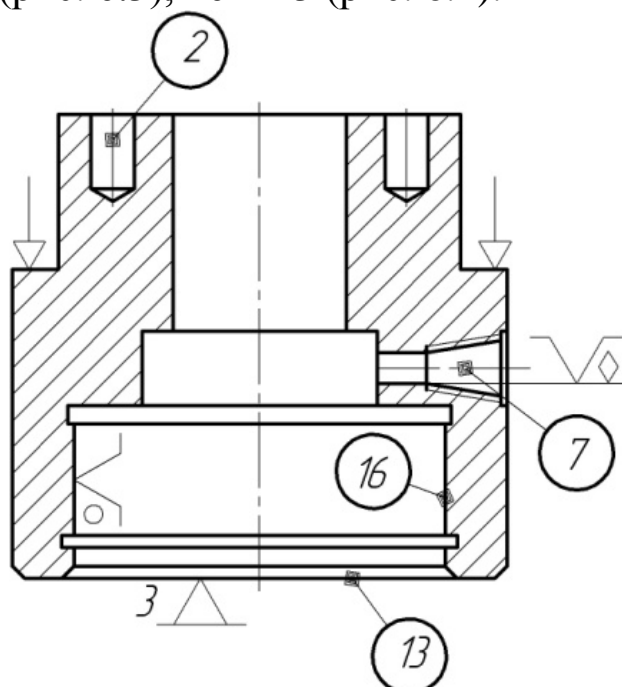


Рис. 6.4. Схема базирования заготовки на операции 015

Поверхность 13 является установочной базой, т. к. лишает заготовку трёх степеней свободы (перемещения вдоль одной оси и поворота относительно двух других осей).

Поверхность 16 служит двойной опорной базой. Она лишает заготовку двух степеней свободы (перемещения вдоль двух осей).

Поверхность 7 принята в качестве одинарной опорной базы. Она лишает заготовку одной степени свободы (обеспечивает угловую ориентацию относительно одной оси).

Эта схема установки лишает заготовку шести степеней свободы (три перемещения и три поворота относительно координатных осей).

Операция 020 Вертикально-фрезерная

На рассматриваемой операции требуется обработать лыску 6.

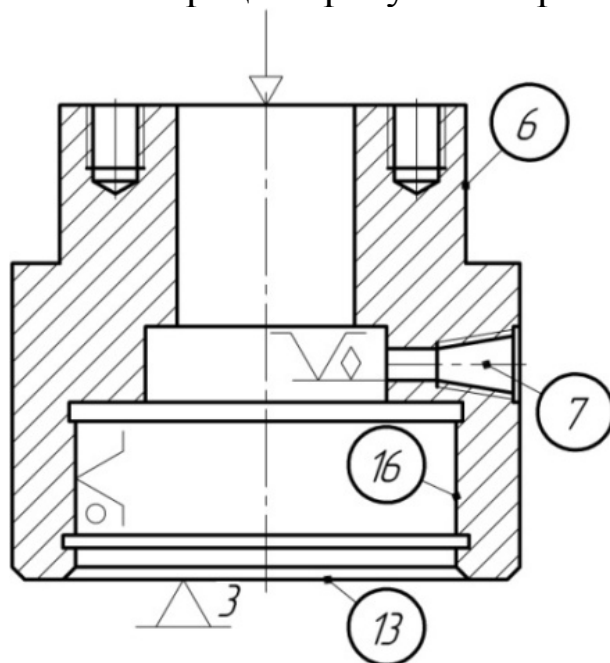


Рис. 6.5. Схема базирования заготовки на операции 020

Поверхность 13 является установочной базой, поверхность 16 служит двойной опорной базой, а отверстие 7 – одинарной опорной базой (рис. 6.5).

Операция 025 Внутришлифовальная

На рассматриваемой операции требуется обработать отверстие 16. Для обеспечения соосности обрабатываемой поверхности общей оси детали в качестве двойной направляющей базы принимается поверхность 4. Торец 1 рассматривается в качестве опорной базы (рис. 6.6).

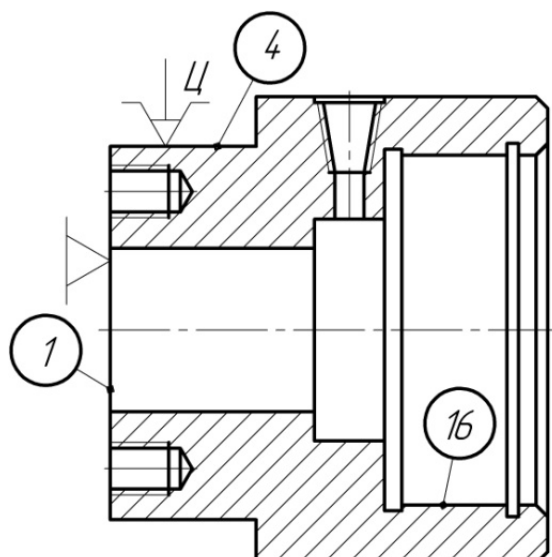


Рис. 6.6. Схема базирования заготовки на операции 025

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

Расчет припусков по табличному методу производится в следующей последовательности. Сначала определяются общие припуски на все обрабатываемые поверхности исходной заготовки, расчет которых представлен в главе 4. Затем для каждой обрабатываемой поверхности в соответствии с числом и последовательностью технологических переходов устанавливаются номинальные припуски и допуски на размеры по ГОСТ 7505-89. При этом припуски назначаются, начиная с последнего перехода. Номинальный припуск на первый черновой переход определяется как разность между общим припуском на обрабатываемую поверхность исходной заготовки и суммой номинальных припусков на последующих переходах.

Номинальные размеры, получаемые после выполнения каждого i -го перехода, определяются по следующим формулам:

для наружной поверхности

$$D_i = D_{i+1} + 2Z_{i+1}, \quad (7.1)$$

для отверстий

$$D_i = D_{i+1} - 2Z_{i+1}, \quad (7.2)$$

где D_i – размер, получаемый после i -го перехода;

D_{i+1} – размер, получаемый на последующем переходе;

Z_{i+1} – номинальный припуск на сторону на последующем переходе.

Полученные значения для D_i рекомендуется округлять для переходов по 12–14 квалитетам до одного знака после запятой, а для пе-

переходов по 6–11 квалитетам – до двух знаков после запятой. При этом округление размеров наружных поверхностей производят в сторону уменьшения, а внутренних – в сторону увеличения.

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе определяется по следующим формулам:

для наружной поверхности

$$2Z_{1\max} = 2Z_1 + Td_1 + ES_0, \quad (7.3)$$

для внутренней поверхности

$$2Z_{1\max} = 2Z_1 + Td_1 + EI_0, \quad (7.4)$$

где $Z_{1\max}$ – максимальный припуск на сторону на первом переходе; Z_1 – номинальный припуск на сторону на первом переходе; Td_1 – допуск размера на первом переходе; ES_0 – верхнее предельное отклонение размера заготовки; EI_0 – нижнее предельное отклонение размера заготовки.

Максимальные припуски на диаметр для последующих переходов можно определить, используя формулу

$$2Z_{i\max} = 2Z_i + Td_i, \quad (7.5)$$

где $Z_{i\max}$ – максимальный припуск на сторону;

Z_i – номинальный припуск на сторону на i -м переходе;

Td_i – допуск размера на i -м переходе.

Поверхность №4. Эта наружная поверхность диаметром $\varnothing 65h_{10}$ ($\varnothing 65_{-0,12}$) включает два этапа обработки: «Точить предварительно», «Точить окончательно».

Допуск размера на каждом переходе назначается по таблице экономической точности (см. табл. П.5.1).

Для рассматриваемой поверхности для перехода «Точить окончательно» по табл. П.5.2 в зависимости от длины и диаметра обработки назначается номинальный припуск на диаметр $2Z_2 = 1,5$ мм.

Номинальный припуск для перехода «Точить предварительно» определяется как разность между общим припуском, рассчитанным в главе 4, и припуском для чистового перехода:

$$2Z_1 = Z_{\text{об}} - 2Z_2,$$

$$2Z_1 = 3,8 - 1,5 = 2,3 \text{ мм.}$$

Допуск и предельные отклонения размера исходной заготовки определены в главе 4. Допуски на межоперационные размеры выбираются по [8, с.85]. Поля допусков на эти размеры назначаются «в тело» заготовки.

Размер на втором (последнем) переходе известен из чертежа детали. Размер исходной заготовки определен в главе 4.

Для определения номинального размера после первого перехода необходимо воспользоваться формулой (7.1):

$$D_1 = D_2 + 2Z_2,$$

$$D_2 = 65 + 1,5 = 66,5 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на диаметр на втором переходе $Z_{2\max}$ в соответствии с формулой (7.5):

$$2Z_{2\max} = 2Z_2 + Td_2,$$

$$2Z_{2\max} = 1,5 + 0,12 = 1,62 \text{ мм.}$$

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе $Z_{1\max}$ в соответствии с формулой (7.3):

$$2Z_{1\max} = 2Z_1 + Td_1 + ES_0,$$

$$2Z_{1\max} = 2,3 + 0,3 + 1,3 = 3,9 \text{ мм}$$

Схема расположения припусков представлена на рис. 7.1.

Поверхность №16. Данная внутренняя поверхность диаметром $\varnothing 60H7$ ($\varnothing 60^{+0,025}$) включает четыре этапа обработки: «Расточить предварительно», «Расточить окончательно», «Шлифовать предварительно», «Шлифовать окончательно».

В соответствии с табл. П.5.3 и табл. П.5.4 номинальные припуски на диаметр на втором, третьем и четвертом переходах $2Z_2 = 1,0$; $2Z_3 = 0,3$; $2Z_4 = 0,1$.

Номинальный припуск для перехода «Точить предварительно» определяется как разность между общим припуском, рассчитанным в главе 4, и суммой припусков на переходах «Точить окончательно», «Шлифовать предварительно», «Шлифовать окончательно»:

$$2Z_1 = Z_{06} - (2Z_2 + 2Z_3 + 2Z_4),$$

$$2Z_1 = 4,2 - (1,0 + 0,3 + 0,1) = 2,8 \text{ мм.}$$

Для определения номинальных размеров воспользуемся формулой (7.2):

$$D_3 = D_4 - 2Z_4,$$

$$D_3 = 60 - 0,1 = 59,9 \text{ мм,}$$

$$D_2 = D_3 - 2Z_3,$$

$$D_2 = 59,9 - 0,3 = 59,6 \text{ мм,}$$

$$D_1 = D_2 - 2Z_2,$$

$$D_1 = 59,6 - 1,0 = 58,6 \text{ мм.}$$

Максимальные припуски на каждом из переходов в соответствии с формулой (7.3):

$$2Z_{4\max} = 2Z_4 + Td_4,$$

$$2Z_{4\max} = 0,1 + 0,025 = 0,125 \text{ мм},$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_3 + Td_3,$$

$$2Z_{3\max} = 0,3 + 0,074 = 0,374 \text{ мм},$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_2 + Td_2,$$

$$2Z_{2\max} = 1,0 + 0,12 = 1,12 \text{ мм}.$$

Максимальный припуск на диаметр на первом переходе $Z_{1\max}$ в соответствии с формулой (7.4):

$$2Z_{1\max} = 2Z_1 + Td_1 + EI_0,$$

$$2Z_{1\max} = 2,8 + 0,3 + 1,3 = 4,4 \text{ мм}.$$

Схемы расположения припусков представлена на рис. 7.2.

Поверхность №8. Данная поверхность диаметром $\varnothing 80h12$ ($\varnothing 80_{-0,3}$) включает один этап обработки, который называется «Точить однократно».

Строка, определяющая параметры исходной заготовки, для этой поверхности заполняется значениями, определенными на предыдущем этапе (глава 4, табл. 4.2, табл. 4.3).

Очевидно, что номинальный припуск на первом переходе будет равен общему припуску заготовки: $2Z_1 = 2Z_{06} = 4,0 \text{ мм}$.

Операционный размер на первом переходе равен размеру на чертеже детали: $D_1 = 80_{-0,3}$.

Все полученные операционные размеры и припуски необходимо представить в виде таблицы (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Определение промежуточных припусков и операционных
диаметральных размеров**

Номер перехода	Содержание перехода	Td , мм	$Z_{ном}$, мм	Z_{max} , мм	D_i , мм	ES , мм	EI , мм
Поверхность №4							
0	Заготовка	2,0	1,9 3,8		$\varnothing 68,8$	+1,3	-0,7
1	Точить предварительно	0,3	1,15 2,3	1,95 3,9	$\varnothing 66,5$	0	-0,3
2	Точить окончательно	0,12	0,75 1,5	0,81 1,62	$\varnothing 65$	0	-0,12
Поверхность №8							
0	Заготовка	2,0	1,9 3,8		$\varnothing 83,8$	+1,3	-0,7
1	Точить однократно	0,3	1,9 3,8	2,7 5,4	$\varnothing 80$	0	-0,3
Поверхность №16							
0	Заготовка	2,0	2,1 4,2		$\varnothing 55,8$	+0,7	-1,3
1	Расточить предварительно	0,3	1,4 2,8	2,2 4,4	$\varnothing 58,6$	+0,3	0
2	Расточить окончательно	0,12	0,5 1,0	0,56 1,12	$\varnothing 59,6$	+0,12	0
3	Шлифовать предварительно	0,074	0,15 0,3	0,187 0,374	$\varnothing 59,9$	+0,074	0
4	Шлифовать окончательно	0,025	0,05 0,1	0,0625 0,125	$\varnothing 60$	+0,025	0

Примечание: В числителе указан припуск на сторону, а в знаменателе – на диаметр.

Схемы расположения операционных припусков

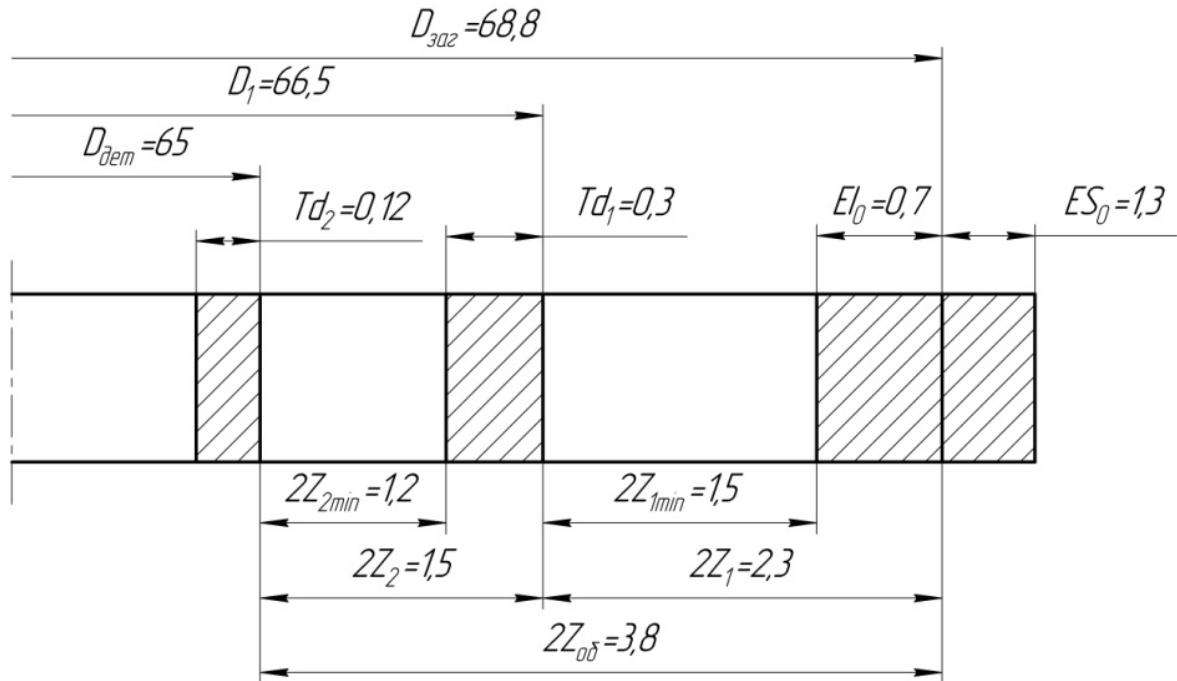


Рис. 7.1. Схема расположения операционных припусков для наружной поверхности 4

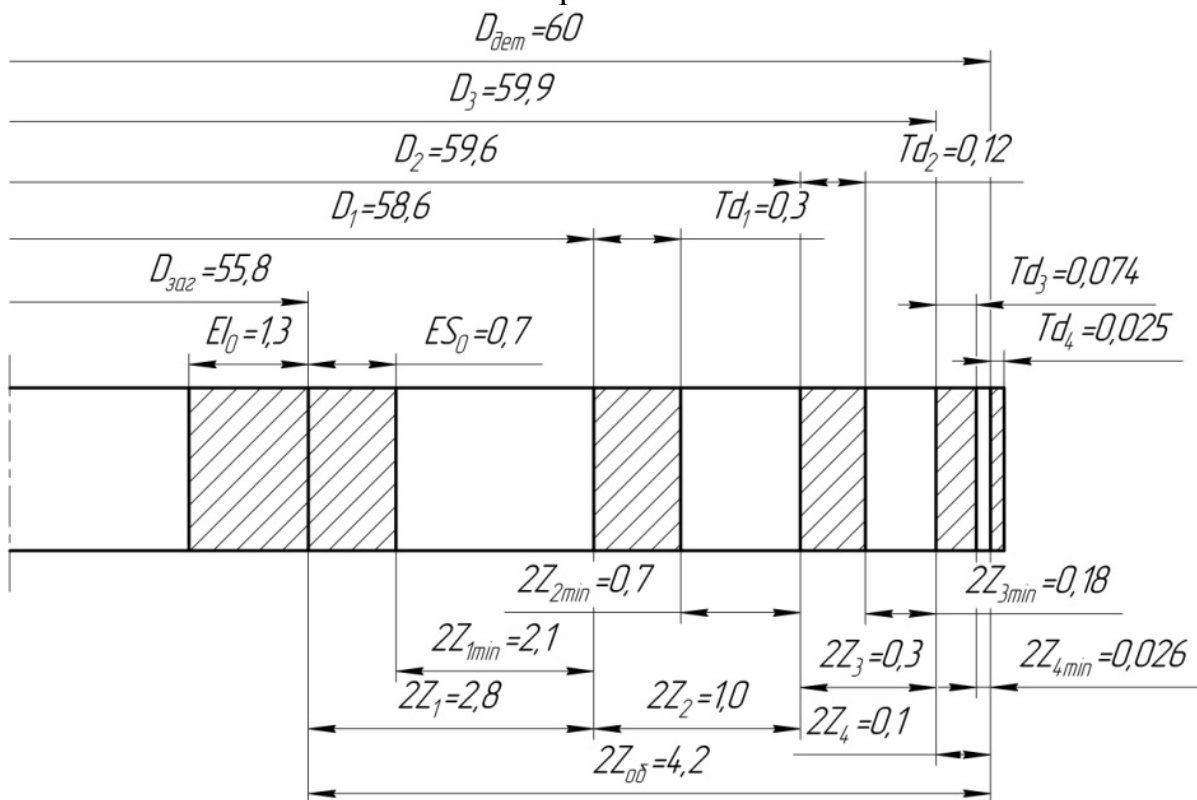


Рис. 7.2. Схема расположения операционных припусков для внутренней поверхности 16

8. РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ

8.1. Размерная схема технологического процесса

В соответствии с эскизными планами обработки поверхностей разработана размерная схема технологического процесса для обработки торцовых поверхностей (см. рис. 8.1). Схема строится в следующей последовательности. Сначала указываются размеры исходной заготовки, далее – технологические размеры по операциям с минимальными припусками по ходу технологического маршрута. На заключительной стадии построения обозначаются конструкторские размеры с рабочего чертежа.

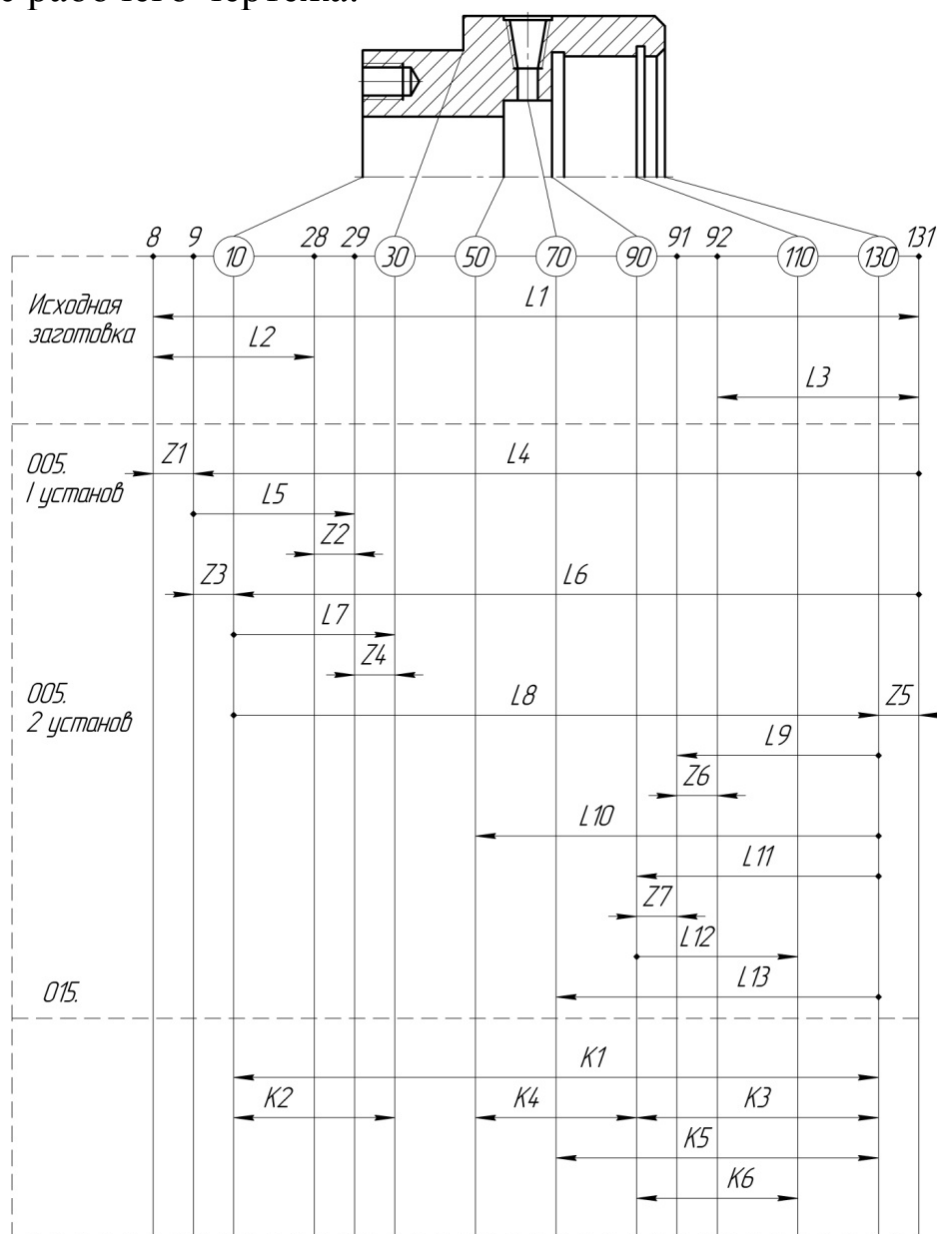


Рис. 8.1. Размерная схема техпроцесса

8.2. Назначение предварительных допусков на операционные размеры и размеры исходной заготовки

Допуски выбираются по ЕСТД (см. табл. П.5.1) в соответствии с точностью того или иного этапа обработки. Руководствуясь размерной схемой, назначаются допуски на операционные размеры и размеры исходной заготовки, представленные в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Назначение допусков на технологические размеры

Технологические размеры	Этап обработки	Точность до корректировки		Точность после корректировки	
		Квалитет	Допуск	Квалитет	Допуск
L_1	Заготовка	-	2,2		
L_2	Заготовка	-	1,6		
L_3	Заготовка	-	1,6		
L_4	I	14	0,74	12	0,3
L_5	I	14	0,52	12	0,21
L_6	II	11	0,19		
L_7	II	11	0,13		
L_8	I	14	0,74	12	0,3
L_9	I	14	0,52		
L_{10}	I	14	0,60		
L_{11}	II	11	0,13		
L_{12}	I	12	0,21		
L_{13}	I	12	0,25		

В соответствии с таблицей экономической точности механообработки [8, с.85] назначаются минимальные припуски на подрезку торцов, которые представляются в виде таблицы.

Таблица 8.2

Припуски на технологические размеры

Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
1,3	1,3	0,45	0,45	1,3	1,3	0,45

8.3. Построение графов

В соответствии с размерной схемой формируется исходный и производный графы. Вершинами на исходном графе являются номера поверхностей, а ребрами – конструкторские размеры и припуски (рис. 8.2).

На производном графе вершины также образуют номера поверхностей, а в качестве ребер выступают технологические размеры и размеры исходной заготовки (см. рис. 8.3).

Совмещенный граф является математической моделью всего технологического процесса (см. рис 8.4).

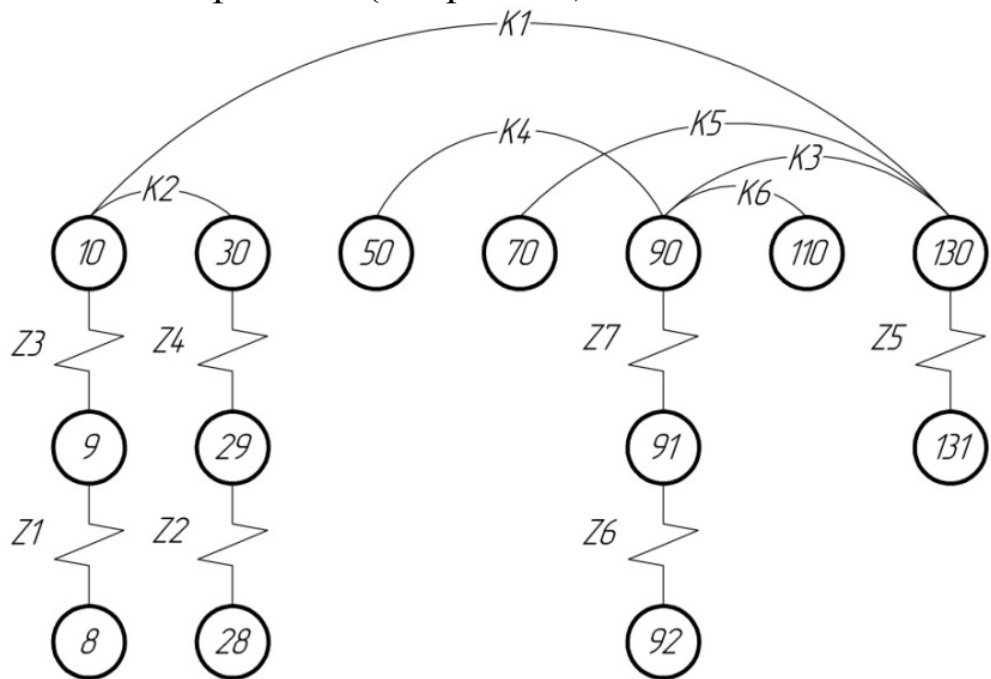


Рис. 8.2. Исходный граф

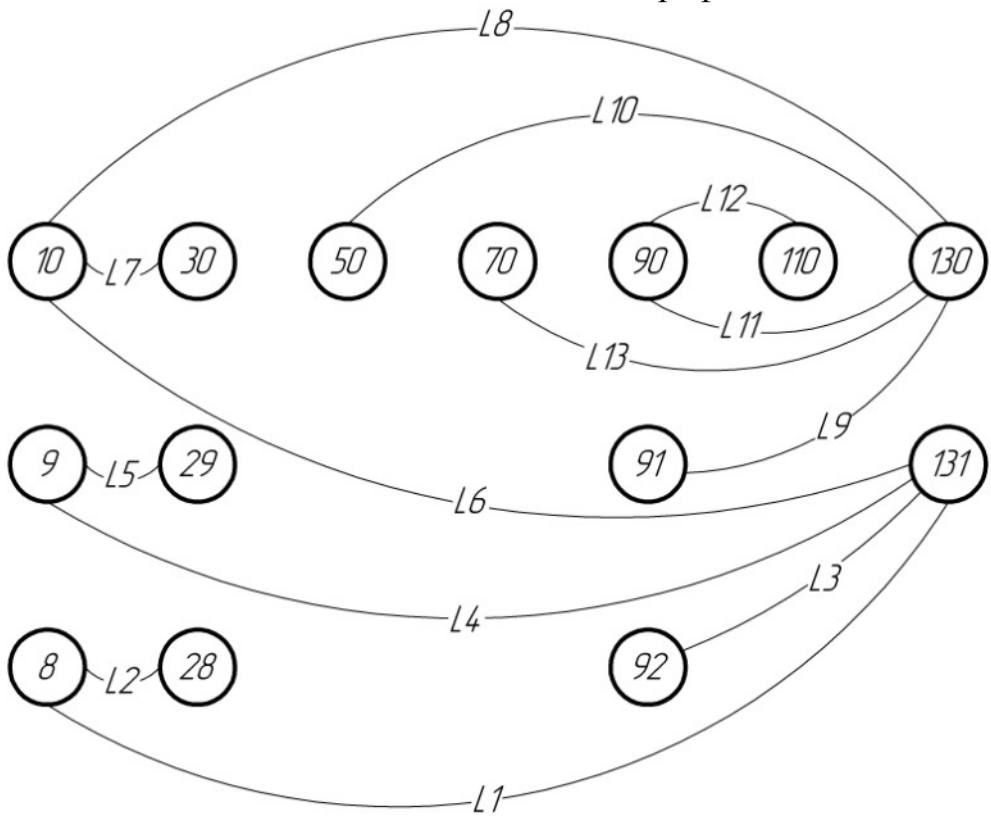


Рис. 8.3. Производный граф

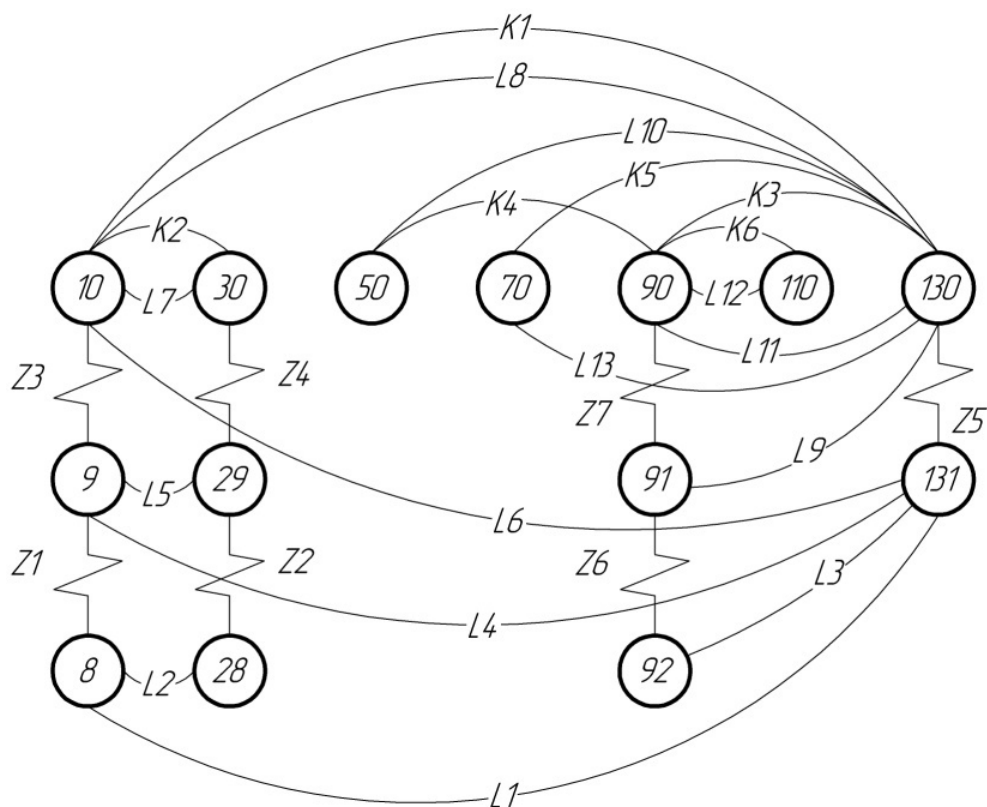


Рис. 8.4. Совмещенный граф

8.4. Канонические уравнения размерных цепей

На основании полученных графов составляются канонические уравнения размерных цепей.

Для записи уравнения необходимо на исходном графе определить, какие вершины связывает замыкающее звено. Далее на производном графе нужно осуществить перемещение из вершины с меньшим номером к вершине с большим номером. При этом нужно учитывать то обстоятельство, что если вершины возрастают в направлении обхода, то очередное звено записывается в уравнение со знаком "плюс" и считается увеличивающим, а если наоборот, то запись звена в уравнение осуществляется со знаком "минус", и звено считается уменьшающим.

В соответствии с описанным правилом канонические уравнения для рассматриваемого примера будут иметь вид, представленный в табл. 8.3.

Таблица 8.3

Канонические уравнения размерных цепей

№ п/п	Канонические уравнения	Уравнения замыкающего звена	Размерная цепь
1	$-K_1 + L_8 = 0$	$K_1 = L_8$	
2	$-K_2 + L_7 = 0$	$K_2 = L_7$	
3	$-K_3 + L_{11} = 0$	$K_3 = L_{11}$	
4	$-K_4 + L_{10} - L_{11} = 0$	$K_4 = L_{10} - L_{11}$	
5	$-K_5 + L_{13} = 0$	$K_5 = L_{13}$	
6	$-K_6 + L_{12} = 0$	$K_6 = L_{12}$	
7	$-Z_{1 \min} + L_1 - L_4 = 0$	$Z_{1 \min} = L_1 - L_4$	
8	$-Z_{2 \min} - L_2 + L_1 - L_4 + L_5 = 0$	$Z_{2 \min} = -L_2 + L_1 - L_4 + L_5$	
9	$-Z_{3 \min} + L_4 - L_6 = 0$	$Z_{3 \min} = L_4 - L_6$	
10	$-Z_{4 \min} - L_5 + L_4 - L_6 + L_7 = 0$	$Z_{4 \min} = -L_5 + L_4 - L_6 + L_7$	
11	$-Z_{5 \min} - L_8 + L_6 = 0$	$Z_{5 \min} = -L_8 + L_6$	
12	$-Z_{6 \min} + L_9 - L_8 + L_6 - L_3 = 0$	$Z_{6 \min} = L_9 - L_8 + L_6 - L_3$	
13	$-Z_{7 \min} + L_{11} - L_9 = 0$	$Z_{7 \min} = L_{11} - L_9$	

8.5. Проверка точности конструкторских размеров

Условие проверки формулируется в виде следующего неравенства:

$$IT(K_i) \geq \sum IT(L_i), \quad (8.1)$$

В рассматриваемом примере присутствует шесть конструкторских размеров, следовательно, нужно выполнить шесть проверок.

$$1) IT(K_1) \geq IT(L_8) \\ 0,3 \leq 0,74$$

Условие обеспечения точности размера K_1 не выполнено. Необходимо ужесточить точность технологического размера L_8 до 12 квалитета.

$$0,3 \geq 0,3 \quad \text{Условие выполнено}$$

$$2) IT(K_2) \geq IT(L_7) \\ 0,13 \geq 0,13 \quad \text{Условие выполнено}$$

$$3) IT(K_3) \geq IT(L_{11}) \\ 0,13 \geq 0,13 \quad \text{Условие выполнено}$$

$$4) IT(K_4) \geq IT(L_{10}) + IT(L_{11}) \\ 0,74 \geq 0,60 + 0,13 = 0,73 \\ 0,74 \geq 0,73 \quad \text{Условие выполнено}$$

$$5) IT(K_5) \geq IT(L_{13}) \\ 0,25 \geq 0,25 \quad \text{Условие выполнено}$$

$$6) IT(K_6) \geq IT(L_{12}) \\ 0,21 \leq 0,21 \quad \text{Условие выполнено}$$

Результаты проверки необходимо оформить в виде табл. 8.4.

Таблица 8.4

Учет полученных запасов точности

Конструкторский размер по чертежу	Запас точности	Конструкторский размер при расчетах
$75_{-0,3}$	0	$75_{-0,3}$
$25^{+0,13}$	0	$25^{+0,13}$
$28^{+0,13}$	0	$28^{+0,13}$
$12 \pm 0,37$	0,01	$12 \pm 0,365$
$34_{-0,25}$	0	$34_{-0,25}$
$21_{-0,21}$	0	$21_{-0,21}$

8.6. Проверка поля рассеяния припусков

Условие проверки формулируется следующим образом: отношение максимального припуска к минимальному на окончательных чистовых переходах не должно быть более трех:

$$\frac{Z_{i \max}}{Z_{i \min}} \leq 3. \quad (8.2)$$

Максимальный припуск определяется следующим образом:

$$Z_{\max} = Z_{\min} + wZ. \quad (8.3)$$

Диапазон колебания припуска или допуск припуска рассчитывается по формуле

$$wZ = \sum IT(L_i). \quad (8.4)$$

В рассматриваемом примере диапазоны колебаний припусков в соответствии с формулой (8.4) будут представлены в виде

$$1) wZ_1 = IT(L_1) + IT(L_4) = 2,2 + 0,74 = 2,94 \text{ мм.}$$

$$2) wZ_2 = IT(L_2) + IT(L_1) + IT(L_4) + IT(L_5) = \\ = 1,6 + 2,2 + 0,74 + 0,52 = 5,06 \text{ мм.}$$

$$3) wZ_3 = IT(L_4) + IT(L_6) = 0,74 + 0,19 = 0,93 \text{ мм.}$$

$$4) wZ_4 = IT(L_5) + IT(L_4) + IT(L_6) + IT(L_7) = \\ = 0,52 + 0,74 + 0,19 + 0,13 = 1,58 \text{ мм.}$$

$$5) wZ_5 = IT(L_8) + IT(L_6) = 0,3 + 0,19 = 0,49 \text{ мм.}$$

$$6) wZ_6 = IT(L_9) + IT(L_8) + IT(L_6) + IT(L_3) = \\ = 0,52 + 0,3 + 0,19 + 1,6 = 2,61 \text{ мм.}$$

$$7) wZ_7 = IT(L_{11}) + IT(L_9) = 0,13 + 0,52 = 0,65 \text{ мм.}$$

Далее определяются максимальные значения припусков по формуле (8.3):

$$Z_{1\max} = 1,3 + 2,94 = 4,24 \text{ мм.}$$

$$Z_{2\max} = 1,3 + 5,06 = 6,36 \text{ мм.}$$

$$Z_{3\max} = 0,45 + 0,93 = 1,38 \text{ мм.}$$

$$Z_{4\max} = 0,45 + 1,58 = 2,03 \text{ мм.}$$

$$Z_{5\max} = 1,3 + 0,49 = 1,79 \text{ мм.}$$

$$Z_{6\max} = 1,3 + 2,61 = 3,91 \text{ мм.}$$

$$Z_{7\max} = 0,45 + 0,65 = 1,1 \text{ мм.}$$

На следующем шаге рассчитывается отношение (8.2):

$$1) \frac{Z_{1\max}}{Z_{1\min}} = \frac{4,24}{1,3} = 3,3.$$

$$2) \frac{Z_{2\max}}{Z_{2\min}} = \frac{6,36}{1,3} = 4,9.$$

$$3) \frac{Z_{3\max}}{Z_{3\min}} = \frac{1,38}{0,45} = 3,1.$$

Условие не выполнено

$$4) \frac{Z_{4\max}}{Z_{4\min}} = \frac{2,03}{0,45} = 4,5.$$

Условие не выполнено

Для выполнения третьего и четвертого условий необходимо ужесточить точность технологического размера L_4 до 12 квалитета, L_5 – до 12 квалитета. В этом случае:

$$\frac{Z_{3\max}}{Z_{3\min}} = \frac{1,28}{0,45} = 2,8.$$

$$\frac{Z_{4\max}}{Z_{4\min}} = \frac{0,94}{0,45} = 2,1.$$

$$5) \frac{Z_{5\max}}{Z_{5\min}} = \frac{1,79}{1,3} = 1,4.$$

$$6) \frac{Z_{6\max}}{Z_{6\min}} = \frac{3,91}{1,3} = 3,0.$$

$$7) \frac{Z_{7\max}}{Z_{7\min}} = \frac{1,1}{0,45} = 2,4.$$

Условие выполнено

8.7. Определение технологических размеров

Расчет начинается с уравнения с замыкающим конструкторским звеном, где присутствует один неизвестный технологический размер. Это двухзвенная цепь. Параметры неизвестного технологического размера будут равны аналогичным параметрам конструкторского размера.

$$L_8 = K_1 = 75_{-0,3},$$

$$L_7 = K_2 = 25_{+0,13},$$

$$L_{11} = K_3 = 28_{+0,13},$$

$$L_{13} = K_5 = 34_{-0,25},$$

$$L_{12} = K_6 = 21_{-0,21}.$$

Найденный технологический размер вычеркивается во всех размерных цепях, и находится следующая цепь, в которой неизвестным окажется один технологический размер, и т. д.

Если в технологической цепи с замыкающим конструкторским размером получается больше двух параметров, то такое уравнение решается методом отклонений. Так, для технологического размера L_{10} уравнение имеет следующий вид:

$$L_{10} = L_{11} + K_4,$$

$$L_{10\text{НОМ}} = L_{11\text{НОМ}} + K_{4\text{НОМ}} = 28 + 12 = 40 \text{ мм},$$

$$ES(K_4) = ES(L_{10}) - EI(L_{11}),$$

$$ES(L_{10}) = ES(K_4) + EI(L_{11}) = 0,365 + 0 = 0,365 \text{ мм},$$

$$EI(K_4) = EI(L_{10}) - ES(L_{11}),$$

$$EI(L_{10}) = EI(K_4) + ES(L_{11}) = -0,365 + 0,13 = -0,235 \text{ мм},$$

$$L_{10} = 40^{+0,365}_{-0,235}.$$

Если замыкающим звеном цепи является минимальный припуск, то уравнение эффективнее решать способом предельных значений. Методика решения подобных уравнений описана ниже.

$$Z_{7\min} = L_{11\min} - L_{9\max},$$

$$L_{9\max} = L_{11\min} - Z_{7\min},$$

$$L_{9\max} = 28 - 0,45 = 27,55 \text{ мм},$$

$$L_{9\min} = L_{9\max} - IT(L_9) = 27,55 - 0,52 = 27,03 \text{ мм},$$

$$L_9 = 27,03^{+0,52}.$$

$$Z_{5\min} = -L_{8\max} + L_{6\min},$$

$$L_{6\min} = L_{8\max} + Z_{5\min},$$

$$L_{6\min} = 75 + 1,3 = 76,3 \text{ мм},$$

$$L_{6\max} = L_{6\min} + IT(L_6) = 76,3 + 0,19 = 76,49 \text{ мм},$$

$$L_6 = 76,49_{-0,19}$$

$$Z_{6\min} = L_{9\min} - L_{8\max} + L_{6\min} - L_{3\max},$$

$$L_{3\max} = L_{9\min} - L_{8\max} + L_{6\min} - Z_{6\min},$$

$$L_{3\max} = 27,03 - 75 + 76,3 - 1,3 = 27,03 \text{ мм},$$

$$L_{3\min} = L_{3\max} - IT(L_3) = 27,03 - 1,6 = 25,43 \text{ мм},$$

$$L_3 = 25,93^{+1,1}_{-0,5}.$$

$$Z_{3\min} = L_{4\min} - L_{6\max},$$

$$L_{4\min} = Z_{3\min} + L_{6\max},$$

$$L_{4\min} = 0,45 + 76,49 = 76,94 \text{ мм},$$

$$L_{4\max} = L_{4\min} + IT(L_4) = 76,94 + 0,3 = 77,24 \text{ мм},$$

$$L_4 = 77,24_{-0,3}.$$

$$Z_{4\min} = -L_{5\max} + L_{4\min} - L_{6\max} + L_{7\min},$$

$$L_{5\max} = L_{4\min} - L_{6\max} + L_{7\min} - Z_{4\min},$$

$$L_{5\max} = 76,94 - 76,49 + 25 - 0,45 = 25 \text{ мм},$$

$$L_{5\min} = L_{5\max} - IT(L_5) = 25 - 0,21 = 24,79 \text{ мм},$$

$$L_5 = 24,79^{+0,21}.$$

$$Z_{1\min} = L_{1\min} - L_{4\max},$$

$$L_{1\min} = Z_{1\min} + L_{4\max},$$

$$L_{1\min} = 1,3 + 77,24 = 78,54 \text{ мм},$$

$$L_{1\max} = L_{1\min} + IT(L_1) = 78,54 + 2,2 = 80,74 \text{ мм},$$

$$L_1 = 79,34^{+1,4}_{-0,8}.$$

$$Z_{2 \min} = -L_{2\max} + L_{1\min} - L_{4\max} + L_{5\min},$$

$$L_{2\max} = L_{1\min} - L_{4\max} + L_{5\min} - Z_{2 \min},$$

$$L_{2\max} = 78,54 - 77,24 + 24,79 - 1,3 = 24,79 \text{ мм},$$

$$L_{2\min} = L_{2\max} - IT(L_2) = 24,79 - 1,6 = 23,19 \text{ мм},$$

$$L_2 = 23,69^{+1,1}_{-0,5}.$$

Результаты расчетов необходимо оформить в виде табл. 8.5.

Таблица 8.5

Расчетная таблица

Уравнение замы- кающего звена	Опреде- ляемое звено	Порядок расчета	L_{\max} , мм.	L_{\min} , мм.	Операцион- ный размер
$K_1 = L_8$	L_8	1	75,00	74,70	$75_{-0,3}$
$K_2 = L_7$	L_7	2	25,13	25,00	$25^{+0,13}$
$K_3 = L_{11}$	L_{11}	3	28,13	28,00	$28^{+0,13}$
$K_4 = L_{10} - L_{11}$	L_{10}	6	40,365	39,765	$40^{+0,365}_{-0,235}$
$K_5 = L_{13}$	L_{13}	4	34,00	39,75	$34_{-0,25}$
$K_6 = L_{12}$	L_{12}	5	21,00	20,79	$21_{-0,21}$
$Z_{1 \min} = L_1 - L_4$	L_1	12	80,74	78,54	$79,34^{+1,4}_{-0,8}$
$Z_{2 \min} = -L_2 + L_1 -$ $-L_4 + L_5$	L_2	13	24,79	23,19	$23,69^{+1,1}_{-0,5}$
$Z_{3 \min} = L_4 - L_6$	L_4	10	77,24	76,94	$77,24_{-0,3}$
$Z_{4 \min} = -L_5 + L_4 -$ $-L_6 + L_7$	L_5	11	25,00	24,79	$24,79^{+0,21}$
$Z_{5 \min} = -L_8 + L_6$	L_6	8	76,49	76,30	$76,49_{-0,19}$
$Z_{6 \min} = L_9 - L_8 + L_6 -$ $-L_3$	L_3	9	27,03	25,43	$25,93^{+1,1}_{-0,5}$
$Z_{7 \min} = L_{10} - L_9$	L_9	7	27,55	27,03	$27,03^{+0,52}$

9. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Определение режимов резания на всех операциях необходимо вести в соответствии с нижеследующим алгоритмом:

- назначение инструмента и материала режущей части;
- назначение глубины резания. В качестве глубины резания на каждом переходе принимается максимальный припуск. Величины максимальных припусков были определены в пунктах 7, 8;

- выбор подачи по таблице (см. прил. 6). В соответствии с паспортными данными станка принимается подача, меньшая по значению;
- выбор скорости резания по таблице (см. прил.6);
- определение частоты вращения шпинделя. В соответствии с паспортными данными принимается ближайшая частота вращения, меньшая по значению;
- уточнение скорости резания в соответствии с принятым значением частоты вращения шпинделя;
- определение силы резания и эффективной мощности резания. Сравнение полученных величин с допустимыми по паспорту станка.

Особенности назначения режимов резания для некоторых операций указаны ниже.

9.1. Выбор режимов резания для операции 005 Токарно-револьверная

В качестве примера рассмотрен переход «Точить поверхность 4 окончательно».

1. Обработка выполняется резцом, установленным в резцедержателе револьверной головки. Материал режущей части резца выбран в соответствии с рекомендациями в табл. П.6.1 – Т15К6.

2. Глубина резания $t = 0,81$ мм.

3. Подача при точении назначается в зависимости от качества обрабатываемой поверхности и радиуса при вершине резца по табл. П.6.2 [3, с.268]. Подачи при прорезании пазов и отрезке даны в табл. П.6.3 [3, с.268].

В рассматриваемом примере

$$S = 0,25 \cdot 0,45 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

В соответствии с паспортом станка принимаем подачу $S = 0,1$ мм/об.

4. Значение скорости резания $V_{\text{табл}}$ определяется по табл. П.6.4 [5, с.40], которое корректируется с помощью поправочных коэффициентов [5, с.54–60], учитывающих конкретные условия обработки:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{\text{И}} \cdot K_b \cdot K_q \cdot K_{\phi} \cdot K_{\phi 1} \cdot K_D, \quad (9.1)$$

где K_T – коэффициент, зависящий от периода стойкости;

K_M – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала;

K_C – коэффициент, зависящий от состояния металла;

$K_{\text{И}}$ – коэффициент, зависящий от материала режущей части инструмента;

$K_{\text{б}}$ – коэффициент, зависящий от наличия корки или окалины;

K_{q} – коэффициент, зависящий от поперечного сечения резца;

K_{φ} – коэффициент, зависящий от главного угла в плане;

$K_{\varphi 1}$ – коэффициент, зависящий от вспомогательного угла в плане;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент, зависящий от вида работ.

Данные коэффициенты назначаются в соответствии с табл. П.6.5–П.6.13.

В рассматриваемом примере $V_{\text{табл}} = 270$ м/мин, $K_{\text{Т}} = 1,0$; $K_{\text{М}} = 1,6$; $K_{\text{С}} = 1,0$; $K_{\text{И}} = 1,0$; $K_{\text{б}} = 1,0$; $K_{\text{q}} = 0,9$; $K_{\varphi} = 0,81$; $K_{\varphi 1} = 1,0$; $K_{\text{Д}} = 1,0$.

В соответствии с принятыми коэффициентами скорость резания $V = 270 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 315$ м/мин.

5. Частота вращения шпинделя может быть определена по формуле

$$N = 1000V/\pi D_{\text{Д}}, \quad (9.2)$$

где $D_{\text{Д}}$ – диаметр обрабатываемой поверхности.

В рассматриваемом примере $n = 1000 \cdot 315 / \pi \cdot 65 = 1543$ об/мин.

Величина частоты вращения уточняется по паспорту станка:

$$n = 1500 \text{ об/мин.}$$

6. Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения:

$$V = \pi \cdot 65 \cdot 1500 / 1000 = 306 \text{ м/мин.}$$

7. Сила резания при точении определяется по формуле [9, с.26]

$$P_{\text{z}} = P_{\text{z табл}} \cdot t, \quad (9.3)$$

где $P_{\text{зтабл}}$ – главная составляющая силы резания по табл. П.6.14, кН.

Мощность резания определяется по формуле [9, с.27]

$$N_{\text{р}} = P_{\text{z}} \cdot V / 60. \quad (9.4)$$

В рассматриваемом примере сила резания и мощность

$$P_{\text{z}} = 0,3 \cdot 0,81 = 0,24 \text{ кН,}$$

$$N_{\text{р}} = 0,24 \cdot 306 / 60 = 1,2 \text{ кВт.}$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$N_{\text{ст}} = \eta \cdot N_{\text{дв}}, \quad (9.5)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя главного привода станка, кВт;

η – КПД станка.

В рассматриваемом примере

$$N_{\text{ст}} = 0,9 \cdot 6,3 = 5,7 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания являются допустимыми.

9.2. Выбор режима резания для операции 015

Вертикально-сверлильная

На данной операции производится последовательная обработка четырех отверстий под резьбу Ø 7,5 мм.

1. В соответствии с [4, с.274] принимается спиральное сверло 2300-0191 средней серии с цилиндрическим хвостовиком ГОСТ 10902-77. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5.

2. Глубина резания при сверлении определяется как половина диаметра сверления. В рассматриваемом примере глубина резания

$$t = 7,5/2 = 3,75 \text{ мм.}$$

3. Величина подачи S_0 назначается в зависимости от группы подачи по табл. П.6.15 [9, с.70]. Группа подачи определяется по табл. П.6.16 [9, с.71] в соответствии со стойкостью сверла.

В рассматриваемом примере по стойкости сверла 90 мин выбирается номер группы подач – III. В соответствии с группой подач и диаметром сверления определяется подача $S_0 = 0,08 \text{ мм/об.}$

Если в справочниках или каталогах станков не указаны все значения частоты вращения шпинделей, подач и чисел двойных ходов, то необходимо действовать в соответствии с методикой, описанной в [10, с.93].

В соответствии с паспортом станка окончательно назначается подача $S_0 = 0,1 \text{ мм/об.}$

4. При сверлении, зенкеровании, цековании, зенковании и центrovании стальных деталей скорость резания определяется по формуле [9, с.72]

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9.6)$$

где $V_{\text{табл}}$ – скорость резания по таблице П.6.17;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, определяется по табл. П.6.18;

K_2 – коэффициент, определяемый по табл. П.6.19, зависящий от отношения принятой подачи к подаче, указанной в табл. П.6.15;

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента (см. табл. П.6.20).

Для рассматриваемого примера $V_{\text{табл}} = 19$ м/мин; $K_1 = 1,0$; $K_2 = 1,1$; $K_3 = 1,0$.

Тогда в соответствии с формулой (9.6) скорость резания

$$V = 19 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 20,9 \text{ м/мин.}$$

5. При сверлении частота вращения шпинделя определяется по формуле

$$n = 1000V/\pi \cdot D_{\text{св}}, \quad (9.7)$$

где $D_{\text{св}}$ – диаметр сверла, мм.

В рассматриваемом примере частота вращения шпинделя

$$n = 1000 \cdot 20,9/\pi \cdot 7,5 = 887 \text{ об/мин.}$$

На основании паспортных данных станка принимается ближайшая, меньшая по значению, частота вращения: $n = 720$ об/мин.

6. Далее необходимо уточнить скорость резания в соответствии с принятым значением частоты вращения шпинделя.

Фактическая скорость резания

$$V = \pi \cdot 7,5 \cdot 720/1000 = 17 \text{ м/мин.}$$

7. При сверлении мощность резания определяется по формуле [9, с.82]

$$N_p = N_{p \text{ табл}} \cdot K_N \cdot n/1000, \quad (9.8)$$

при зенковании и цековании

$$N_p = N_{p \text{ табл}} \cdot K_N \cdot V/100, \quad (9.9)$$

где $N_{p \text{ табл}}$ – мощность резания, кВт, определяется по табл. П.6.21;

K_N – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, берется из табл. П.6.22.

В рассматриваемом примере $N_{p \text{ табл}} = 0,42$ кВт, $K_N = 0,95$.

$$N_p = 0,42 \cdot 0,95 \cdot 720/1000 = 0,3 \text{ кВт.}$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка.

$$N_{\text{ст}} = 0,85 \cdot 1,5 = 1,3 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания можно считать допустимыми.

9.3. Выбор режима резания на операции 020

Вертикально-фрезерная

На данной операции производится обработка лыски 6.

1. В соответствии с шириной обрабатываемой поверхности выбирается концевая насадная фреза 2210-0061 ГОСТ 9304-69 диаметром

$D_{\phi} = 16$ мм [4, с.315]. Материал режущей части – быстрорежущая сталь P6M5.

2. Глубина фрезерования определяется по чертежу детали и равна 1 мм.

3. Подача на зуб назначается в соответствии с табл. П.6.23 [9, с.48]: $S_z = 0,1 \div 0,2$ мм/зуб.

Расчет подачи на оборот осуществляется в соответствии с формулой

$$S_o = S_z \cdot z, \quad (9.10)$$

где z – число зубьев фрезы.

В соответствии с формулой (9.10) подача на оборот

$$S_o = (0,1 \div 0,2) \cdot 4 = 0,4 \div 0,8 \text{ мм/об.}$$

4. Рекомендуемое значение скорости резания определяется по формуле [9, с.55]

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9.11)$$

где $V_{\text{табл}}$ – скорость резания, определяется по табл. П.6.25;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала (см. табл. П.6.24);

K_2 – коэффициент, зависящий от инструментального материала (см. табл. П.6.26);

K_3 – коэффициент, зависящий от стойкости инструмента (см. табл. П.6.27).

Для рассматриваемого примера $V_{\text{табл}} = 84$ м/мин, $K_1 = 1,15$; $K_2 = 1,15$; $K_3 = 0,87$.

Тогда в соответствии с формулой (9.11) скорость резания

$$V = 84 \cdot 1,15 \cdot 1,15 \cdot 0,87 = 97 \text{ м/мин.}$$

5. Далее рассчитывается величина n , соответствующая рекомендуемому значению V , по формуле

$$n = 1000V/\pi \cdot D_{\phi}, \quad (9.12)$$

где D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм.

В рассматриваемом примере

$$n = 1000 \cdot 97/\pi \cdot 16 = 1930 \text{ об/мин.}$$

В соответствии с паспортом станка можно принять $n = 1600$ об/мин.

На следующем шаге необходимо рассчитать минутную подачу и уточнить ее по паспорту станка.

$$S_M = S_o \cdot n, \quad (9.13)$$

В рассматриваемом примере

$$S_M = (0,4 \div 0,8) \cdot 1600 = 640 \div 1280 \text{ мм/мин.}$$

По паспорту станка принимаем $S_m = 1000$ мм/мин.

6. Далее необходимо уточнить скорость резания:

$$V = \pi \cdot 16 \cdot 1600/1000 = 80 \text{ м/мин.}$$

7. При фрезеровании мощность резания определяется по формуле [9, с.64]

$$N_p = N_r \cdot K, \quad (9.14)$$

где N_r – средняя мощность резания по данным графика (рис. П.6.1), определяемая в зависимости от объема срезаемого слоя в единицу времени Q , кВт;

K – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и его твердости, определяется по табл. П.6.22.

Значение Q определяется по формуле [9, с.65]

$$Q = t \cdot B \cdot S_m/1000, \quad (9.15)$$

где t – глубина резания, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

S_m – минутная подача, мм/мин.

Для рассматриваемого примера

$$Q = 1 \cdot 25 \cdot 1000/1000 = 25 \text{ см}^3/\text{мин.},$$

$$N_r = 1,4 \text{ кВт}, K = 0,95,$$

$$N_p = 1,4 \cdot 0,95 = 1,3 \text{ кВт.}$$

На последнем шаге необходимо сравнить полученное значение мощности резания с мощностью станка.

Мощность фрезерного станка

$$N_{ст} = 0,85 \cdot 7,5 = 6,3 \text{ кВт.}$$

Эффективная мощность резания не превышает мощность станка, следовательно, принятые режимы резания можно считать допустимыми.

9.4. Выбор режима резания для операции 025

Внутришлифовальная

На данной операции производится предварительное и окончательное шлифование отверстия 16 при реализации ручного цикла обработки.

1. Выбор характеристик шлифовального круга. В соответствии с табл. П.6.29 [9, с.213] выбран круг для предварительного шлифования 15А 40 С2–7–К, а для чистового 15А 25 СМ2–7–К.

Диаметр шлифовального круга выбирается согласно зависимости

$$d_{кр} = (0,8 \div 0,9)D, \quad (9.16)$$

где D – диаметр отверстия.

Высоту шлифовального круга T можно определить по табл. П.6.31.

Для рассматриваемого примера в соответствии с формулой (9.16) значение диаметра круга

$$d_{кр} = (0,8 \div 0,9) \cdot 60 = (48 \div 54) \text{ мм.}$$

Параметры шлифовального круга уточняются в соответствии с ГОСТ 2424-83. Окончательно принят круг с параметрами $d_{кр}=50$ мм, $T=20$ мм.

2. Глубина шлифования на предварительном этапе $t_1 = 0,19$ мм, на окончательном – $t_2 = 0,06$ мм.

3. Скорость круга определяется по формуле [9, с.211]

$$V_{кр} = \pi \cdot d_{кр} \cdot n_{кр} / 1000 \cdot 60, \quad (9.17)$$

где $n_{кр}$ – частота вращения шлифовального круга, определяется по паспорту станка.

В рассматриваемом примере

$$V_{кр} = \pi \cdot 50 \cdot 18000 / 1000 \cdot 60 = 47 \text{ м/с.}$$

4. Скорость вращения детали определяется по табл. П.6.28 [9, с.214]: $V_d = 60$ м/мин.

Частота вращения детали рассчитывается по формуле

$$n_d = 1000 V_d / \pi \cdot D_d. \quad (9.18)$$

В рассматриваемом примере

$$n_d = 1000 \cdot 60 / \pi \cdot 60 = 318 \text{ об/мин.}$$

Полученное значение уточняется с возможностями выбранного ранее внутришлифовального станка 3К227В: $n_d = 120$ об/мин.

На следующем шаге уточнению подлежит скорость резания по принятому значению n_d :

$$V_d = \pi \cdot 60 \cdot 120 / 1000 = 23 \text{ м/мин.}$$

5. Продольная подача круга s_o в [мм/об] назначается по табл. П.6.34 в зависимости от высоты круга и величины подачи в долях высоты круга s_d .

Для рассматриваемого примера $s_d = 0,65$, а $s_o = 0,65 \cdot 20 = 13$ мм/об.

6. Число двойных ходов круга в минуту определяется по формуле

$$n_{д.х} = \frac{s_o \cdot n}{2 \cdot l_{p.х}}, \quad (9.19)$$

где n – частота вращения детали, об/мин;

$l_{p.х}$ – длина рабочего хода круга, мм

Для глухих отверстий $l_{p.х}$ определяется по следующей формуле:

$$l_{p.x} = L_{ш} - \frac{2}{3} \cdot T, \quad (9.20)$$

где $L_{ш}$ – длина шлифуемой поверхности по чертежу, мм.

Для рассматриваемого примера величина

$$l_{p.x} = 25 - \frac{2}{3} \cdot 20 = 11,7 \text{ мм};$$

$$n_{д.x} = \frac{13 \cdot 120}{2 \cdot 11,7} = 67.$$

7. Величина поперечной подачи на двойной ход стола определяется по формуле [9, с.214]

$$S_p = S_{p. \text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (9.21)$$

где $S_{p. \text{табл}}$ – подача, определяется по табл. П.6.30, в зависимости от s_o и D_d ;

K_1 – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и скорости круга, выбирается по табл. П.6.32;

K_2 – коэффициент, зависящий от точности обработки, шероховатости поверхности, припуска на сторону и характера отверстия, выбирается по табл. П.6.33.

Для рассматриваемого примера $S_{p. \text{табл}} = 0,0055$ мм/д.х. $K_1 = 1,3$, $K_2 = 0,7$ для предварительной обработки и $K_2 = 0,5$ для чистовой обработки. Окончательно для поперечной подачи можно записать

$$S_p = 0,0055 \cdot 1,3 \cdot 0,7 = 0,005 \text{ мм/д.х.}$$

(предварительная обработка);

$$S_p = 0,0055 \cdot 1,3 \cdot 0,5 = 0,003 \text{ мм/д.х.}$$

(окончательная обработка).

9.5. Выбор режима резания для круглошлифовальной операции

1. Выбор характеристик шлифовального круга. Параметры круга выбираются в соответствии с табл. П.6.29 или [9, с.199].

Диаметр шлифовального круга $d_{кр}$ выбирается из ряда диаметров в соответствии с табл. П.6.35 и затем согласуется с возможностями выбранного круглошлифовального станка.

Высота шлифовального круга T и диаметр его посадочного участка $d_{п}$ также выбираются в соответствии с табл. П.6.35.

2. Скорость круга $V_{кр}$ в [м/с] определяется по формуле (9.17).

3. Скорость вращения детали $V_{д}$ в [м/мин] выбирается по табл. П.6.36.

Частота вращения детали n_d в [об/мин] рассчитывается по приведённой выше формуле (9.18). Полученное значение n_d согласуется с возможностями выбранного круглошлифовального станка.

На следующем шаге необходимо уточнить скорость вращения детали по принятому значению n_d :

$$V_d = \pi \cdot D_d \cdot n_d / 1000. \quad (9.22)$$

4. Величина продольной подачи заготовки в долях ширины шлифовального круга s_B на оборот заготовки для продольного шлифования выбирается в соответствии с табл. П.6.37.

Далее рассчитывается величина этой подачи в [мм/об] с учётом ширины шлифовального круга (T) по формуле

$$s_o = s_B \cdot T. \quad (9.23)$$

5. Табличная подача на глубину шлифования S_{tx0} в конце каждого хода заготовки для продольного шлифования выбирается в соответствии с табл. П.6.38.

Далее определяются четыре поправочных коэффициента K_1, K_2, K_3 и K_4 по табл. П.6.39, П.6.40, П.6.41, П.6.42 для уточнения величины S_{tx0} и выбора окончательного значения поперечной подачи S_{tx} по следующей зависимости:

$$S_{tx} = S_{tx0} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4. \quad (9.24)$$

6. Высота шлифовального круга T для врезного шлифования выбирается несколько большей ширины шлифуемого участка, в соответствии с табл. П.6.35

7. Поперечная подача $S_{p,табл}$ для врезного шлифования выбирается в соответствии с табл. П.6.43.

Для уточнения величины $S_{p,табл}$ и выбора окончательного значения поперечной подачи S_p определяются три поправочных коэффициента K_1, K_2 , и K_3 по табл. П.6.44, П.6.45, П.6.46. Далее значение S_p уточняется по следующей зависимости:

$$S_p = S_{p,табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (9.25)$$

Остальные параметры для врезного шлифования выбираются аналогично параметрам при шлифовании с продольной подачей.

9.6. Выбор режима резания для протяжной операции

Для протягивания шпоночного паза или прямобочных шлицев в основном используется одинарная или профильная схема резания. В этом случае каждый зуб протяжки срезает слой материала за счёт

превышения высоты последующего зуба по отношению к предыдущему.

Для назначения подачи на зуб для этой схемы резания можно использовать значения из табл. П. 6.47.

Для выбора скорости резания для протяжек из быстрорежущей стали можно использовать данные из табл. П.6.48.

9.7. Выбор режима резания при резьбонарезании

Для нарезания метрической резьбы метчиком на токарных и сверлильных станках необходимо предварительно выбрать табличное значение скорости резания $V_{\text{табл}}$ в зависимости от диаметра резьбы и её шага. Этот параметр берется из табл. П.6.49.

Далее эту величину $V_{\text{табл}}$ необходимо скорректировать в зависимости от обрабатываемого материала при помощи коэффициента K_v , который можно принять по табл. П.6.50.

Конечное значение скорости резания определяется по формуле

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_v. \quad (9.26)$$

На следующем шаге необходимо определить расчётную частоту вращения шпинделя по зависимости (9.7) и принять её ближайшее меньшее значение по паспорту станка. Далее уточняется скорость резания. Подача равняется шагу резьбы.

Таблица 9.1

Режимы резания

Наименование перехода	Материал режущей части инструмента	Размер обрабатываемой поверхности	Элементы режимов резания						
			Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Табличные		Принятые		Мощность резания N , кВт
					Скорость резания V , м/мин	Частота вращения n , об/мин	Частота вращения n , об/мин	Скорость резания V , м/мин	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Операция 005 Токарно-револьверная									
1. Подрезать торец 1 предв.	T5K10	от Ø69 до Ø28	4,24	0,28	78	296	260	69	5,6
2. Подрезать торец 3 предв.	T5K10	от Ø84 до Ø69	6,36						
3. Сверлить отв. 22	P6M5	Ø28	14	0,14	17	193	190	17	4,1
4. Точить пов. 4 предв.	T5K10	Ø66,5	1,95	0,1	315	1543	1500	306	1,2
5. Точить пов. 4 оконч.	T15K6	Ø65	0,81						
6. Подрезать торец 1 оконч.	T15K6	от Ø65 до Ø28	1,38	0,1	197	747	530	140	1,4
7. Подрезать торец 3 оконч.	T15K6	от Ø84 до Ø65	2,03						
8. Подрезать 13 однокр.	T5K10	от Ø84 до Ø56	1,87	0,14	102	387	380	100	1,4
9. Точить пов. 8 однокр.	T5K10	Ø80	2,7	0,28	107	429	380	96	3,9
10. Расточить пов. 16 предв.	T5K10	Ø58,6	2,2						
11. Подрезать торец 9 предв.	T5K10	от Ø28 до Ø58,6	3,91	0,28	78	424	380	70	3,6
12. Расточить пов. 20 однокр.	T15K6	Ø38	5	0,14	158	1257	1050	132	5,5
13. Подрезать торец 5однокр.	T15K6								

Окончание табл. 9.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14. Расточить пов. 16 оконч.	T15K6	Ø59,6	0,56	0,1	274	1465	1050	197	1,1
15. Расточить канавку 18	T15K6	Ø63	1,5	0,1	165	808	750	153	2,3
16. Расточить канавку 11	T15K6	Ø65	3						
17. Подрезать торец 9 оконч.	T15K6	от Ø28 до Ø59,6	1,1	0,1	214	1143	1050	197	1,1
18. Точить фаску 12	T15K6	Ø80	2	0,28	198	788	750	188	4,4
19. Расточить фаску 14	T15K6	Ø60							
Операция 010 Вертикально-сверлильная									
20. Сверлить отв. 7	P6M5	Ø5	2,5	0,1	18	1146	1015	16	0,3
21. Цековать отв. 10	P6M5	Ø12	3,5	0,1	24	637	500	19	0,4
22. Развернуть отв. 7	P6M5	Ø12	2	0,1	16	566	500	14	0,4
23. Нарезать резьбу в отв. 7	P6M5	-	-	0,5	3	191	90	1,4	-
Операция 015 Вертикально-сверлильная									
24. Сверлить 4 отв. 2 послед.	P6M5	Ø7,5	3,75	0,1	18	764	720	17	0,6
25. Нарезать резьбу в 4 отв. 2	P6M5	M8	-	0,5	7	278	250	6,3	0,05
Операция 020 Вертикально-фрезерная									
26. Фрезеровать пов. 6	P6M5	25	1	1000 ¹	92	732	720	90	1,3
Операция 025 Внутришлифовальная									
27. Шлифовать отв. 18 предв.	15A, K	Ø59,9	0,19	0,005	47 ²	18000	18000	47	-
28. Шлифовать отв. 18 оконч.		Ø60	0,06	0,003	60	318	120	23	-

¹ Подача указана в [мм/мин].

² В числителе дана скорость шлифовального круга в [м/с], в знаменателе – заготовки в [м/мин]

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НОРМЫ ВРЕМЕНИ

Техническая норма времени – это минимально необходимое время выполнения операции в определенных, наиболее благоприятных организационно-технических условиях.

Норма времени при выполнении станочных работ состоит из нормы подготовительно-заключительного времени и нормы штучного времени.

Норма штучного времени $t_{шт}$ определяется по формуле

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{отд}, \quad (10.1)$$

где t_o – основное (технологическое) время, мин;

t_v – вспомогательное время, мин;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_{отд}$ – время перерывов на отдых.

Норма подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ дается на партию заготовок объема $n_{п}$.

Норма штучно-калькуляционного времени определяется как

$$t_{шк} = t_{шт} + T_{пз}/n_{п}. \quad (10.2)$$

Сумма основного и вспомогательного времени называется оперативным временем

$$t_{оп} = t_o + t_v. \quad (10.3)$$

Основное время определяется по формуле

$$t_o = L \cdot i / S_{мин}. \quad (10.4)$$

где $L = l + l_{вр} + l_{пер}$ – расчетная длина обработки, включающая длину обрабатываемой поверхности l , длину на врезание $l_{вр}$ и перебег $l_{пер}$ инструмента; величины $l_{вр}$ и $l_{пер}$ можно определить по справочникам [9, с.416-422] и [4, с.621-626];

i – число рабочих ходов (число ходов для снятия слоя припуска);

$S_{мин} = S_{об} \cdot n$ – минутная подача, равная произведению подачи на оборот $S_{об}$ на частоту вращения n .

Вспомогательное время определяется по нормативам вспомогательного времени и включает в общем случае

$$t_v = t_{ус} + t_{п} + t_{изм}, \quad (10.5)$$

где $t_{ус}$ – время на установку и снятие заготовки;

$t_{п}$ – время, связанное с переходом для определенного комплекса приемов, и отдельно время на приемы, не вошедшие в комплекс;

$t_{изм}$ – время на контрольные измерения.

Время на обслуживание рабочего места $t_{\text{обс}}$ и время перерывов на отдых $t_{\text{отд}}$ определяется в процентах от оперативного времени $t_{\text{оп}}$ по нормативам.

Состав оперативного времени зависит от структуры технологической операции, т. е. от способа сочетания основных и вспомогательных переходов во времени.

В зависимости от способа совмещения технологических переходов и состава основного времени операции различают три класса обработки:

последовательную обработку, для которой основное время на операцию определяется по формуле $t_o = \sum t_{oi}$, т. е. как сумма всех основных времен отдельных технологических переходов;

параллельную обработку, для которой основное время на операцию определяется по формуле $t_o = \max t_{oi}$, т. е. как время технологического перехода, имеющего максимальную длительность;

параллельно-последовательную обработку, для которой основное время на операцию определяется по формуле $t_o = \sum \max t_{oi}$, т. е. как сумма времен технологических переходов, имеющих максимальную длительность, но выполняемых в отдельных блоках, параллельно с другими технологическими переходами, входящими в блок.

В зависимости от способа совмещения вспомогательных переходов с основными и состава вспомогательного времени различают четыре группы операций, для которых вспомогательное время определяется по нижеследующим формулам.

Группа 1: $t_b = t_{yc} + t_{\pi} + t_{\text{изм.}}$. В таких операциях все переходы выполняются последовательно, обработка ведется методом пробных ходов.

Группа 2: $t_b = t_{yc} + t_{\pi}$. В отличие от группы 1 работа ведется на настроенных станках и пробные ходы не требуются.

Группа 3: $t_b = t_{\pi}$. Установка и снятие заготовки по времени совмещены с технологическими переходами, т. е. они перекрываются другими элементами операции и исчезают из формулы вспомогательного времени. Это характерно для многопозиционной обработки, когда одна из позиций – загрузочная.

Группа 4: $t_b = 0$. Вспомогательное время полностью совмещено с основным, так как все вспомогательные переходы выполняются параллельно с механической обработкой заготовок (карусельно-фрезерные станки и т. п.).

Принятые обозначения:

t_{yc} – время на установку и снятие заготовки;

t_{Π} – время на холостые перемещения, связанные с выполнением переходов;

$t_{изм}$ – время на измерения, связанное со взятием пробных стружек при работе методом пробных ходов.

Таблицы для определения норм вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места, перерывов на отдых, контрольные измерения и подготовительно-заключительного приводятся в справочниках [11, 10]. Нормы времени на токарно-револьверную операцию приведены в прил. 7.

Операция 005 Токарно-револьверная

Состав оперативного времени для операции определяется сочетанием основного времени соответствующего класса и вспомогательного времени соответствующей группы обработки. Для токарно-револьверного станка – это сочетание параллельно последовательного класса и группы 2, т. е.

$$t_{оп} = t_{yc} + t_{\Pi} + \sum \max t_{oi} \quad (10.6)$$

Таким образом, при определении нормы времени для токарно-револьверной операции необходимо определить вспомогательное время на установку и снятие заготовки, вспомогательные времена для каждого технологического перехода и основные времена наиболее длительных технологических переходов, выполняемых в каждой отдельной позиции. Все полученные времена нужно сложить. Это будет оперативное время на операцию. Далее следует определить время на обслуживание рабочего места и время перерывов на отдых и сложить их с оперативным временем. В этом случае полученная сумма и составит норму штучного времени.

Значения основного, вспомогательного и оперативного времени, выбранные из табл. П.7.1, П.7.6, П.7.7, П.7.8 и рассчитанные по формулам (10.3), (10.4) и (10.5), приведены в табл. 10.1.

Время на отдых и обслуживание рабочего места можно ориентировочно определить по данным из табл. П.7.11 и далее по следующей формуле:

$$t_{отд, обс} = 0,06 \cdot t_{оп}, \quad (10.7)$$

где 0,06 – коэффициент, выражающий процентное отношение данного вида времени к оперативному.

В соответствии с формулами (10.7), (10.1) и табл.10.1 штучное время на операцию равно

$$t_{\text{шт}} = 5,11 + 3,18 + 0,5 + 0,5 = 9,29 \text{ мин.}$$

Норма подготовительно-заключительного времени на партию в соответствии с табл. П.7.14, П.7.15, П.7.16

$$T_{\text{пз}} = (4 + 2 + 2) + 38 + 12 = 58 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{\text{пз}}/n_{\text{п}} = 58/480 = 0,12 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (10.2):

$$t_{\text{шт-к}} = 9,29 + 0,12 = 9,41 \text{ мин.}$$

Операция 015 Вертикально-сверлильная

Особенностью нормирования данной операции является определение t_0 для нарезания резьбы и сверления под резьбу.

В этом случае основное время для нарезания резьбы метчиком определяется по формуле [9, с.92]

$$t_0 = 2L/(n \cdot P), \quad (10.8)$$

где $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{п}}$ – длина рабочего хода метчика;

l – длина резьбы;

P – шаг резьбы в мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Величина $l_{\text{вр}}$ для метчика может быть определена по формуле:

$$l_{\text{вр}} = \frac{D - d}{2} \cdot \text{Ctg}(\varphi), \quad (10.9)$$

где D – наружный диаметр метчика;

d – наименьший диаметр заборного конуса;

φ – угол заборной части метчика, град.

Величина $l_{\text{п}}$ для глухих отверстий принимается равной нулю, а для сквозных отверстий её можно принять равной 2 мм.

В соответствии с принятыми значениями параметр $l_{\text{вр}}$ метчика

$$l_{\text{вр}} = \frac{8 - 5,3}{2} \cdot \text{Ctg}(36^\circ) = 1,8 \text{ мм.}$$

Величина основного времени для последовательного нарезания резьбы в четырёх отверстиях равна

$$t_0 = 2 \cdot (10 + 1,8) \cdot 4/90 \cdot 0,5 = 2,1 \text{ мин.}$$

Основное время для сверления определяется по формуле (10.4), приняв значение $i = 4$.

Величина $l_{\text{вр}}$ для сверла может быть определена по формуле

$$l_{\text{вр}} = \frac{D}{2} \cdot \text{Ctg}(\varphi), \quad (10.10)$$

где D – наружный диаметр сверла;

φ – главный угол сверла в плане, равный 60 град.

В соответствии с параметрами сверла величина $l_{\text{вр}}$

$$l_{\text{вр}} = \frac{7}{2} \cdot \text{Ctg}(60^\circ) = 2 \text{ мм.}$$

Величина основного времени для последовательного сверления четырёх глухих отверстий равна

$$t_o = (12+2) \cdot 4/720 \cdot 0,1 = 0,78 \text{ мин.}$$

Величина $l_{\text{зр}}$ для зенкера и развёртки может быть определена по формуле

$$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{Ctg}(\varphi) + 1, \quad (10.11)$$

где t – глубина резания, мм;

φ – угол заборной части инструмента, град.

Основное время при работе зенкера и развёртки определяется по зависимости (10.4).

Вспомогательное время при работе на сверлильных станках можно определить по табл. П.7.1, П.7.6, П.7.7 и П.7.8. Эти параметры указаны в табл.10.1 для операции 015.

Время на отдых и обслуживание рабочего места определяется по формуле (10.7) и табл. П.7.11 в процентах от оперативного времени.

В данном случае в соответствии с величиной $t_{\text{оп}}$ из таблицы 10.1

$$t_{\text{отд, обс}} = 0,055 \cdot 4,63 = 0,25 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на операцию

$$t_{\text{шт}} = 4,63 + 0,25 + 0,25 = 5,13 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на сверлильных станках можно выбрать по табл. П.7.17, П.7.18 и П.7.19:

$$T_{\text{пз}} = (4+2+2)+9+2+1 = 20 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{\text{пз}}/n_{\text{п}} = 20/480 = 0,04 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (10.2)

$$t_{\text{шт-к}} = 5,13 + 0,04 = 5,17 \text{ мин.}$$

Операция 020 Вертикально-фрезерная

При определении нормы времени для этой операции нужно рассчитать основное время для фрезерования лыски 6 по формуле

$$t_o = \frac{(l + l_{\text{вп}} + l_{\text{п}}) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n}, \quad (10.12)$$

где l – длина обработки фрезой, мм;

s_z – подача на зуб, мм;

z – число зубьев фрезы.

Величина $l_{\text{вп}}$ для цилиндрических и дисковых фрез определяется по следующей зависимости:

$$l_{\text{вп}} = \sqrt{t \cdot (D - t)}, \quad (10.13)$$

где t – глубина фрезерования, мм;

D – диаметр фрезы.

Величина $l_{\text{вп}}$ для торцовых фрез определяется по следующей зависимости:

$$l_{\text{вп}} = 0,5 \cdot \left(D - \sqrt{(D^2 - b^2)} \right) + \frac{t}{\text{tg}(\varphi)}, \quad (10.14)$$

где b – ширина фрезерования, мм;

φ – главный угол фрезы в плане.

Значение $l_{\text{п}}$ принимается от 2 до 5 мм и зависит от диаметра фрезы.

В данном случае $l_{\text{вп}}$ для фрезерования лыски торцовой фрезой

$$l_{\text{вп}} = 0,5 \cdot \left(40 - \sqrt{(40^2 - 25^2)} \right) + \frac{1}{\text{tg}(45^\circ)} = 5,5 \text{ мм.}$$

Величину $l_{\text{п}}$ для фрезы $D = 40$ мм можно назначить 4 мм.

Основное время для торцового фрезерования поверхности 6

$$t_o = \frac{(16 + 5,4 + 4) \cdot 1}{0,14 \cdot 10 \cdot 720} = 0,025 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время при работе на фрезерных станках можно определить по табл. П.7.4, П.7.6, П.7.7 и П.7.8. Выбранное время указано в табл. 10.1 для операции 020.

Время на отдых и обслуживание рабочего места в соответствии с формулой (10.7) и данными по оперативному времени из табл. 10.1 для операции 020

$$t_{\text{отд, обс}} = 0,07 \cdot 0,59 = 0,042 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на данную операцию в соответствии с формулой (10.1) и табл. 10.1

$$t_{\text{шт}} = 0,59 + 0,042 + 0,042 = 0,68 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на фрезерном станке можно выбрать по табл. П.7.20, П.7.21, П.7.22 и П.7.23:

$$T_{\text{пз}} = (4 + 2 + 2) + 14 + 2 + 2 = 26 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{\text{пз}}/n_{\text{п}} = 26/480 = 0,05 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (10.2)

$$t_{\text{шт-к}} = 0,68 + 0,05 = 0,73 \text{ мин.}$$

Операция 025 Внутришлифовальная

Особенностью нормирования операции является определение основного времени на обработку при ручном цикле шлифования.

При этом основное время шлифования определяется по формуле [9, с.213]

$$t_o = t_{\text{вр}} + \frac{z_{\text{max}} - z_{\text{вых}}}{s_p \cdot n_{\text{д.х}}} + t_{\text{вых}}, \quad (10.15)$$

где $t_{\text{вр}}$ – время врезания, равное 0,05 мин;

z_{max} – припуск на сторону, мм;

$z_{\text{вых}}$ – припуск удаляемый при выхаживании по табл. П.7.28;

s_p – поперечная подача на двойной ход стола;

$n_{\text{д.х}}$ – число двойных ходов круга, мин;

$t_{\text{вых}}$ – время выхаживания, берется из табл. П.7.27.

Для рассматриваемого примера величина t_o для предварительно-го шлифования будет иметь значение

$$t_o = 0,05 + \frac{0,19 - 0,04}{0,005 \cdot 67} + 0,1 = 0,6 \text{ мин.}$$

Этот параметр для окончательного шлифования будет

$$t_o = 0,05 + \frac{0,06 - 0,04}{0,003 \cdot 67} + 0,17 = 0,32 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время можно определить при помощи табл. П.7.4, П.7.6 и П.7.8.

Время на обслуживание рабочего места при шлифовании можно принять по табл. П.7.12.

Время на отдых и естественные надобности можно принять по табл. П.7.13 и далее рассчитать по формуле (10.7):

$$t_{\text{отд}} = 0,07 \cdot 1,98 = 0,14 \text{ мин.}$$

При этом штучное время на данную операцию в соответствии с формулой (10.1) и табл. 10.1

$$t_{\text{шт}} = 1,98 + 0,9 + 0,14 = 3,02 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на внутришлифовальном станке можно выбрать по табл. П.7.24 и П.7.26.

$$T_{\text{пз}} = (4 + 2 + 2) + 7 = 15 \text{ мин,}$$

на единицу продукции

$$T_{\text{пз}} / n_{\text{п}} = 15 / 480 = 0,03 \text{ мин.}$$

Норма штучно-калькуляционного времени в соответствии с формулой (10.2)

$$t_{\text{шт-к}} = 3,02 + 0,03 = 3,05 \text{ мин.}$$

Операция круглошлифовальная

Определение основного времени на обработку рассматривается для ручного цикла шлифования.

При этом основное время для круглого шлифования с продольной подачей определяется по следующей формуле:

$$t_o = t_{\text{вр}} + \frac{l_{\text{р.х}}}{n \cdot s_o} \cdot \frac{z_{\text{max}} - z_{\text{вых}}}{s_{\text{т.х}} \cdot n_{\text{д.х}}} + t_{\text{вых}}, \quad (10.16)$$

где $t_{\text{вр}}$ – время врезания, равное 0,05 мин;

$l_{\text{р.х}}$ – длина продольного хода стола, мм;

n – частота вращения заготовки в [об/мин], определяется по формуле (9.18);

s_o – продольная подача заготовки в [мм/об], определяется по формуле (9.23);

z_{max} – припуск на сторону, мм;

$z_{\text{вых}}$ – припуск, удаляемый при выхаживании, определяется по табл. П.7.28;

$s_{\text{т.х}}$ – поперечная подача на ход стола, определяется по формуле (9.24);

$n_{\text{д.х}}$ – число двойных ходов круга в [мин], определяется по формуле (9.19);

$t_{\text{вых}}$ – время выхаживания, берется из табл. П.7.27.

Основное время для круглого шлифования с поперечной подачей определяется по зависимости

$$t_o = t_{вр} + \frac{z_{\max} - z_{\text{ВЫХ}}}{s_p} + t_{\text{ВЫХ}}, \quad (10.17)$$

где $t_{вр}$ – время врезания, равное 0,05 мин;

s_p – подача заготовки в [мм/мин], определяется по формуле (9.25);

z_{\max} – припуск на сторону, мм;

$z_{\text{ВЫХ}}$ – припуск, удаляемый при выхаживании, берется из табл. П.7.28;

$t_{\text{ВЫХ}}$ – время выхаживания, берется из табл. П.7.27.

В формуле (10.16) величина $l_{р.х}$ для шлифования на проход определяется по следующей формуле:

$$l_{р.х} = l_o - (0,2 \div 0,4) \cdot T, \quad (10.18)$$

Аналогичный параметр при шлифовании в упор определяется по следующей зависимости:

$$l_{р.х} = l_o - (0,4 \div 0,6) \cdot T. \quad (10.19)$$

В формулах (10.18) и (10.19) величина l_o соответствует длине шлифуемой поверхности на эскизе заготовки.

Вспомогательное время можно определить при помощи табл. П.7.4, П.7.6 и П.7.9.

Время на обслуживание рабочего места при круглом шлифовании можно принять по табл. П.7.12.

Время на отдых и естественные надобности можно принять по табл. П.7.13 и затем рассчитать по формуле (10.7).

Штучное время для круглошлифовальной операции определяется по формуле (10.1).

Подготовительно-заключительное время на партию заготовок при работе на круглошлифовальном станке можно выбрать по таблице П.7.24 и П.7.25.

Норма штучно-калькуляционного времени определяется по зависимости (10.2).

Операция протяжная

Основное время для операции протягивания определяется по следующей формуле:

$$t_o = \frac{(L - l_1) + l_n + l_{\text{доп}}}{1000 \cdot V} \cdot k, \quad (10.20)$$

где L – длина протяжки, мм;

l_1 – длина протяжки до первого зуба;

l_n – длина протягивания;

$l_{\text{доп}}$ – дополнительная длина хода, равная 30÷50 мм;

V – скорость резания, берется из табл. П.6.48;

k – коэффициент соотношения скоростей прямого и обратного ходов.

Для одноплунжерных станков без ускоренного обратного хода и двухплунжерных $k = 2$. Для станков непрерывного действия $k = 1$. Для одноплунжерных станков с ускоренным обратным ходом данный коэффициент определяется по формуле

$$k = 1 + \frac{V}{V_{\text{о.х}}}, \quad (10.21)$$

где $V_{\text{о.х}}$ – скорость ускоренного обратного хода протяжки.

Вспомогательное время можно определить при помощи табл. П.7.4, П.7.6 и П.7.8.

Параметры для протяжной операции $t_{\text{отд, обс}}$, $T_{\text{пз}}$ можно принять по таблице, описывающей аналогичные параметры для сверлильной операции.

Штучное время определяется по формуле (10.1), а норма штучно-калькуляционного времени рассчитывается затем по зависимости (10.2).

Расчет норм времени на 010 вертикально-сверлильной операции выполняется аналогично изложенной выше методике нормирования 015 операции и представлен в окончательном виде в табл. 10.1 и табл. 10.2.

Таблица 10.1

Определение оперативного времени для операций технологического процесса

Элементы операции	Расчетные размеры, мм				Режим обработки			Основное время, мин	Вспомогательное время, мин					Оперативное время, мин
	Длина обрабатываемой поверхности	Врезание и перебор	Число рабочих ходов	Расчетная длина	Подача на оборот, мм/об	Частота вращения, об/мин	Минутная подача, мм/мин		На установку и снятие	Связанное с переходом	На контрольные измерения	Вспомогательное время в целом		
1	l	$l_{\text{вр}}+l_{\text{п}}$	i	L	S_o	n	$S_{\text{мин}}$	t_o	$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{п}}$	$t_{\text{квз}}$	$t_{\text{в}}$	$t_{\text{оп}}$	
1. Установить и снять									0,21			0,21		
2. Подрезать торец 1 предв., подрезать торец 3 предв.	22	3	1	25	0,28	260	72,8	0,34		0,18	0,08	0,26		
	7,5	3	1	(10,5)										
3. Сверлить отв. 24, точить пов. 4 предв.	53,4	12	1	65,4	0,14	190	26,6	2,46		0,12	0,08	0,2		
	23	3	1	(26)										
4. Точить пов. 4 оконч.	25	2	1	27	0,1	1500	150	0,18		0,12	0,08	0,2		
5. Подезать торец 1 оконч., подрезать торец 3 оконч.	18,5	2	1	20,5	0,1	530	53	0,35		0,18	0,08	0,26		
	9,5	2	1	(19)										
6. Переустановить									0,21			0,21		
7. Подрезать торец 13 однокр.	18	6	1	24	0,14	380	53,2	0,45		0,18	0,08	0,26		
8. Точить пов. 8 однокр., расточить пов. 16 предв.	50	6	1	56	0,28	380	106,4	0,53		0,12	0,08	0,2		
	26,9	3	1	(29,9)										
9. Подрезать торец 9 предв.	15,3	3	1	18,3	0,28	380	106,4	0,17		0,18	0,08	0,26		

Продолжение табл. 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10. Расточить пов. 20 однокр.,	12	2	1	14	0,14	1050	147	0,10		0,12	0,08	0,2	
Подрезать торец 5 однокр.													
11. Расточить пов. 16 оконч.,	28	2	1	30	0,1	1050	105	0,29		0,12	0,08	0,2	
12. Расточить канавку 18	1,5	2	1	(3,5)									
Расточить канавку 11	2,5	2	1	4,5	0,1	750	75	0,06		0,18	0,08	0,26	
13. Подрезать торец 9 оконч.	15,8	2	1	17,8	0,1	1050	105	0,17		0,18	0,08	0,26	
14. Точить фаску 12,	2	-	1	2	0,28	1050	294	0,01		0,12	0,08	0,2	
расточить фаску 14	2	-	1	(2)									
Расточить канавку 11	2,5	2	1	4,5	0,1	750	75	0,06		0,18	0,08	0,26	
ИТОГО								5,11				3,18	8,29
Операция 010 Вертикально-сверлильная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	
2. Сверлить отв. 7	20	1,5	1	21,5	0,1	1015	101,5	0,21		0,2	0,06	0,26	
3. Цековать отв. 10	1	1	1	2	0,1	500	50	0,04		0,2	-	0,2	
4. Развернуть отв. 7	11	-	1	11	0,1	500	50	0,22		0,2	0,09	0,29	
5. Нарезать резьбу в отв. 7	9	1,5	1	10,5	0,5	90	45	0,46		0,16	0,39	0,55	
ИТОГО								0,93				1,50	2,43
Операция 015 Вертикально-сверлильная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	
2. Сверлить 4 отв. 2 послед.	12	2	4	14	0,1	720	72	0,78		0,59	0,06	0,65	
3. Нарезать резьбу в 4 отв. 2	10	1,8	4	11,8	0,5	90	45	2,1		0,5	0,4	0,9	
ИТОГО								2,88				1,75	4,63

Окончание табл. 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Операция 020 Вертикально-фрезерная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	
2. Фрезеровать пов.6	16	8,5	1	24,5	-	720	1000	0,03		0,32	0,04	0,36	
ИТОГО								0,03				0,56	0,59
Операция 025 Внутришлифовальная													
1. Установить и снять									0,2			0,2	
2. Шлифовать отв. 16 предв.	25	0,05	-	-	0,005	120	0,34	0,59		0,2	0,12	0,32	
3. Шлифовать отв. 16 оконч.	25	0,05	-	-	0,003	120	0,2	0,32	0,2	0,2	0,15	0,55	
ИТОГО								0,91				1,07	1,98

Таблица 10.2

Сводная таблица времени, затрачиваемого на операции

Номер операции	t_o	t_b	$t_{оп}$	$t_{отд}$	$t_{обс}$	$t_{шт}$	$T_{п.з}/n_{п}$	$t_{шт-к}$
005	5,11	3,18	8,29	0,5	0,5	9,29	0,12	9,41
010	0,93	1,5	2,43	0,14	0,14	2,71	0,04	2,75
015	2,88	1,75	4,63	0,25	0,25	5,13	0,04	5,17
020	0,03	0,56	0,59	0,042	0,042	0,68	0,05	0,73
025	0,91	1,07	1,98	0,14	0,9	3,02	0,03	3,05

11. НАСТРОЙКА НА РАЗМЕР РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Заданную точность при обработке заготовок можно обеспечить одним из двух способов: пробных рабочих ходов с промежуточными промерами и способом автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках.

Первый способ используется в единичном и мелкосерийном производстве, второй в условиях серийного и массового производства деталей.

Каждый из способов неизбежно сопровождается погрешностями обработки систематического и случайного характера.

В данном проекте предполагается использование способа автоматического получения размеров при статической настройке инструмента по эталону на неподвижном станке. Следовательно, оказывается не учтенным влияние упругих деформаций технологической системы, которые существенно изменяют размер после обработки изделия по сравнению с его настроечным значением. Погрешность настройки, очевидно, можно отнести к систематической погрешности, а влияние упругих деформаций в процессе обработки к случайным погрешностям.

Для компенсации изменения фактических размеров обрабатываемых заготовок в процессе настройки инструмента вводится поправка. Она учитывает точность обработки, жесткость станка, материал заготовки, а также режимы резания и определяется по следующей зависимости:

$$P = P_T \cdot K_M \cdot K_T \cdot K_C, \quad (11.1)$$

где P_T – табличное значение поправки (см. табл. 11.1);

K_M – коэффициент, учитывающий материал заготовки (см. табл. 11.2);

K_T – коэффициент, учитывающий режимы резания и точность заготовки (см. табл. 11.3);

K_C – коэффициент, учитывающий группу станка (см. табл. 11.4).

Исходя из этого за настроечный размер эталона для охватываемых поверхностей (условно “валов”) принимается наименьший предельный размер обрабатываемой поверхности $d_{\text{мин}}$, к которому далее прибавляется поправка P

$$d_{\text{н}} = d_{\text{мин}} + P. \quad (11.2)$$

За настроечный размер эталона для охватывающих поверхностей (условно “отверстий”) принимается наибольший предельный размер обрабатываемой поверхности $D_{\text{макс}}$, из которого вычитается величина поправки P

$$D_{\text{н}} = D_{\text{макс}} - P. \quad (11.3)$$

Точность расчёта величины поправки невысокая, что соответствует получению размеров в процессе обработки не выше 9-го качества. Поэтому для получения отверстий по 8-у качеству желательно использовать оправку с микрометрической настройкой резца на размер (например, “микробор”) или использовать динамическую поднастройку резцов при обработке первых заготовок партии.

Допуск настроечного размера определяется по формуле

$$T_H = T_T \cdot K_{TC} \cdot K_{TM} \cdot K_{TP} \cdot K_{TO}, \quad (11.4)$$

где T_T – табличное значение допуска (см. табл. 11.5);

K_{TM} – коэффициент, учитывающий материал заготовки (см. табл. 11.6);

K_{TC} – коэффициент, учитывающий группу станка (см. табл. 11.7);

K_{TP} – коэффициент, учитывающий режимы резания и точность заготовки (см. табл. 11.8);

K_{TO} – коэффициент, учитывающий жесткость заготовки при обработке наружной поверхности или жесткость оправки при обработке отверстия (см. табл. 11.9).

При определении коэффициента K_{TO} следует учитывать отношение L/D длины заготовки к её диаметру при наружной обработке и отношение l_o/d_o вылета оправки к её диаметру при обработке отверстия.

Таблица 11.1

Поправка P_T для размерной настройки, мкм

Размеры обработки, мм	Квалитет обработки				
	9	10	11	12	14
Для проходных и подрезных резцов					
10–18	4	6	10	10	10
19–30	5	8	14	17	20
31–50	6	10	20	25	40
51–80	7	13	28	40	60
81–100	8	15	37	55	80
св. 100	10	20	50	70	100
Для расточных резцов					
до 30	5	7	12	16	-
31–50	5	9	18	30	-
51–80	7	12	25	45	-
81–100	8	15	32	64	-
св. 100	10	20	35	80	-

Таблица 11.2

Значение коэффициента K_M

Твёрдость HB, кгс/мм^2	Автомат. сталь	Углерод. сталь	Легир. сталь	Латунь	Бронза	Алюм. сплав
60–100	-	-	-	1	1,3	1,5
100–150	1,25	1,22	-	-	0,8	1,5
150–217	1,2	1,1	0,9	-	0,6	1,5
230–280	1,07	1,0	0,78	-	0,6	1,5

Таблица 11.3

Значения коэффициента K_T

Размеры	до 30 мм	31–50 мм				св. 50 мм			
Глубина резания	Квалитет точности обработки								
	9–13	9	10	12	14	9	10	12	14
Для проходных и подрезных резцов									
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,5	1,55	1,4	1,3	1,1	1,5	1,4	1,3	1,2
4	2,0	-	-	1,8	1,7	2,0	-	1,8	1,7
6	2,2	-	-	2,0	-	-	-	-	2,0
Для расточных резцов									
1	1,0	1,0	1,0	1,0	-	1,0	1,0	1,0	-
2	1,2	1,2	1,2	1,1	-	1,4	1,3	1,2	-
4	1,6	-	1,6	1,6	-	-	1,7	1,7	-
6	1,7	-	1,8	1,8	-	-	1,9	1,9	-

Таблица 11.4

Значение коэффициента K_C

Группа станка	Лёгкие	Средние	Тяжёлые
Коэффициент	0,95	1,0	1,08

Таблица 11.5

Допуски T_T на настройку инструмента, мкм

Размеры обработки, мм	Квалитет обработки				
	9	10	11	12	14
Для проходных и подрезных резцов					
10–18	18	30	45	80	180
19–30	20	35	50	85	200
31–50	25	40	60	90	200
51–80	28	45	65	100	250
81–100	30	50	70	100	250
св. 100	35	55	75	100	250
Для расточных резцов					
до 30	25	42	60	100	-
31–50	28	45	67	100	-
51–80	32	50	74	115	-
81–100	35	57	80	115	-
св. 100	40	60	85	120	-

Таблица 11.6

Значение коэффициента K_{TM}

Твёрдость HB, кгс/мм ²	Автомат. сталь	Углерод. сталь	Легир. сталь	Латунь	Бронза	Алюм. сплав
60–100	1,0	1,0	-	1,0	0,95	0,95
100–150	1,0	1,0	1,06	1,0	1,15	0,95
150–217	1,0	1,0	1,1	1,0	1,5	0,95
230–280	1,0	1,0	1,2	1,0	1,5	0,95

Таблица 11.7

Значение коэффициента K_{TC}

Группа станка	Лёгкие	Средние	Тяжёлые
Коэффициент	1,06	1,0	0,98

Таблица 11.8

Значения коэффициента K_{TP}

Средний коэффициент K _{ср}						
Квалитет заготовки	10	11		12		14
Квалитет размера	9	9	10	9	10–12	10–12
Глубина резания	Коэффициент					
Для проходных и подрезных резцов						
1	0,8	0,9	0,95	1,0	1,0	1,0
2	0,6	0,8	0,9	0,9	0,95	0,9
4	-	-	-	-	0,85	0,9
6	-	-	-	-	0,8	-
Для расточных резцов						
1	0,8	0,9	0,95	1,0	1,0	1,0
2	0,7	0,95	1,1	1,1	1,15	1,15
4	-	-	-	-	1,0	1,1
6	-	-	-	-	1,0	-

Таблица 11.9

Значения коэффициента K_{TO}

L/D или l_o/d_o	3	2,5	2	1,5	1	0,5
Для проходных и под- резных резцов	0,75	0,85	0,95	0,98	1,0	1,0
Для расточных резцов	0,1	0,2	0,6	1,0	1,25	1,35

В качестве примеров рассматриваются расчёты настроечных размеров для первой, пятой и четвёртой позиций револьверной головки ($РГ$), а также для переднего резцедержателя ($ПР$).

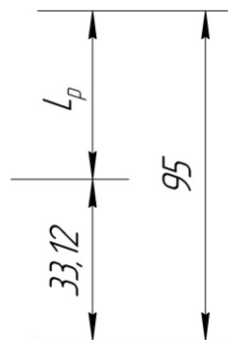
Пример 1 (приложение 10).

В первой позиции $РГ$ обрабатывается предварительно наружная цилиндрическая поверхность 4 проходным резцом. В результате снятия металла при глубине резания 2 мм получен размер $\varnothing 66,5_{-0,3}$. Его численное значение было определено в результате выполнения размерного анализа. Требуется определить величину настроечного размера резца, формирующего эту поверхность.

Расчётные параметры из формулы (11.2) будут иметь следующие значения диаметра $d_{мин} = 66,5 - 0,3 = 66,2$ мм и поправки $P = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 57,2$ мкм в соответствии с данными из табл. 11.1, табл. 11.2, табл. 11.3 и табл. 11.4. В итоге номинальный размер эталона будет следующим:

$$d_H = 66,2 + 0,057 = 66,257 \text{ мм.}$$

Далее можно определить настроечный размер резца L_p из следующей размерной цепи.

Рис. 11.1. Размерная схема обработки 4-й поверхности ($РГ 1$)

Из рис. 11.1 следует, что

$$L_p = 95 - (66,257/2) = 61,88 \text{ мм.}$$

Это значение будет соответствовать номинальному настроечному размеру для этой позиции $РГ$. Остаётся определить его допуск в соответствии с зависимостью (11.4)

$$T_H = 100 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 90 \text{ мкм.}$$

Окончательно можно записать

$$L_p = 61,88 \pm 0,045 \text{ мм.}$$

Данное значение необходимо проставить на листе наладки токарно-револьверного станка.

Пример 2 (приложение 10).

В пятой позиции *РГ* обрабатывается окончательно внутренняя цилиндрическая поверхность 16 державочным расточным резцом. В результате снятия металла при глубине резания 0,6 мм получен размер $\varnothing 59,6^{+0,12}$. Его значение определено в результате выполнения размерного анализа. Требуется определить настроечный размер расточного резца, формирующего эту поверхность.

Расчётные параметры из формулы (11.3) будут иметь следующие значения диаметра $D_{\text{макс}} = 59,6 + 0,12 = 59,72$ мм и поправки $P = 12 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 13,2$ мкм в соответствии с данными из табл. 11.1, табл. 11.2, табл. 11.3 и табл. 11.4. В итоге номинальный размер эталона будет следующим

$$D_H = 59,72 - 0,013 = 59,71 \text{ мм.}$$

Далее можно определить настроечный размер резца, который будет иметь значение $L_p = D_H / 2 = 59,71 / 2 = 29,85$ мм. Это значение будет соответствовать номинальному настроечному размеру для пятой позиции *РГ*. В заключении нужно определить его допуск настройки в соответствии с зависимостью (11.4)

$$T_H = 45 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,2 = 9 \text{ мкм.}$$

Окончательно можно записать $L_p = 29,85^{+0,01}$ мм. Данное значение необходимо проставить на листе наладки токарно-револьверного станка.

Пример 3 (приложение 10, установ А).

Для настройки подрезных резцов для обработки торцовых поверхностей рассматривается позиция *ПП1* на установе *А*, где производится предварительная обработка с переднего резцедержателя последовательно двух торцов 1 и 3 одним и тем же режущим инструментом. За настроечную базу на самом резцедержателе, контактирующую с упором, выбран его центр.

На первом переходе получается размер $77,24_{-0,3}$. Его численное значение определено в результате выполнения размерного анализа. Далее необходимо вычислить размер эталона по зависимости (11.2). Откуда $L_{\text{мин}} = 77,24 - 0,30 = 76,94$ мм, а поправка $P = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,8 \cdot 1,0 = 79,2$ мкм в соответствии с данными из табл. 11.1, табл. 11.2,

табл. 11.3 и табл. 11.4. Окончательно номинальный размер эталона будет следующим:

$$L_{H1} = 76,94 + 0,079 = 77,02 \text{ мм.}$$

На следующем шаге нужно выставить резец относительно настроечной базы на резцедержателе, исходя из его реальных параметров. В данном случае это будет размер $L_p = 65$ мм с допуском в соответствии с зависимостью (11.4) $TL_p = 76$ мкм.

Далее необходимо выставить упор для резцедержателя, который ограничивает его линейное перемещение относительно *установочной базы* на торце кулачков патрона. Положение упора можно определить из следующей размерной схемы на рис. 11.2.

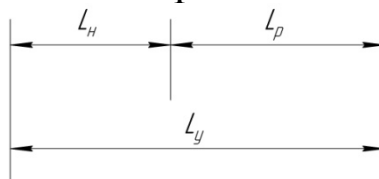


Рис. 11.2. Схема для определения размера переставного упора

Следовательно, численное значение для данного размера переставного упора будет следующее:

$$L_y = L_p + L_{H1} = 77,02 + 65 = 142,02 \text{ мм.}$$

Допуск этого размера можно назначить в соответствии с правилом, что допуск замыкающего звена L_{H1} должен быть больше либо равен сумме допусков, составляющих данную цепь звеньев

$$TL_{H1} \geq TL_p + TL_y. \quad (11.5)$$

Откуда можно найти, что

$$TL_y = TL_{H1} - TL_p = 0,3 - 0,076 = 0,22 \text{ мм.}$$

На следующем шаге этим же резцом производится предварительная обработка поверхности 3. При этом используется *настроечная база* в виде поверхности 1, уже обработанной на предыдущем переходе. Следовательно, в данном случае, достаточно определить положение второго упора резцедержателя относительно первого. Очевидно, что оно будет равно настроечному размеру между поверхностями 1 и 3.

В качестве настроечного размера желательно принять среднюю величину размера уступа, параметры которого определены в ходе размерного анализа. Этот размер будет иметь значение $L_{H2} = 25,06$ мм. Следовательно, на такую величину необходимо выставить второй упор относительно первого с допуском, равным 0,13 мм.

Пример 4 (приложение 10, установ Б).

Для настройки подрезного резца для однократной обработки противоположного торца 13 также рассматривается позиция *ПП1*, как и на установе *А*.

При выполнении перехода получается размер $75,0_{-0,3}$, полученный в результате выполнения размерного анализа. Далее вычисляется номинальный размер эталона $L_{\text{мин}} = 75 - 0,30 = 74,7$ мм и поправка $P = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,8 \cdot 1,0 = 79,2$ мкм в соответствии с табличными данными. Окончательно номинальный размер эталона будет равен следующему значению:

$$L_{\text{НЗ}} = 74,7 + 0,079 = 74,78 \text{ мм.}$$

Положение резца относительно настроечной базы на резцедержателе будет таким же, как и на установе *А*, $L_p = 65$ мм с допуском $TL_p = 76$ мкм.

Упор для резцедержателя необходимо выставить относительно *установочной базы* на торце кулачков патрона, в соответствии со схемой на рис. 11.2, на расстоянии $L_y = 139,78$ мм.

На позиции *ПП2* производится предварительная обработка поверхности 9. В этом случае положение упора резцедержателя не меняется относительно установочной базы кулачков патрона.

При этом размерная цепь обеспечивается настройкой резца в продольном направлении, обрабатывающего внутренний торец 9. В этой ситуации имеет место погрешность базирования из-за несовпадения баз. Следовательно, номинальный настроечный размер $L_{\text{н4}} = 47,79$ мм получен перерасчетом размеров, определённых ранее в ходе проведения размерного анализа. Далее, в соответствии со схемой на рис. 11.2, определяется настроечный размер резца по следующему выражению:

$$L_p = 139,78 - 47,79 = 91,99 \text{ мм.}$$

Допуск этого размера равен значению допуска для позиции *ПП1* и соответствует $TL_p = 0,076$ мм.

Для окончательной обработки поверхности 9 используется позиция *ПП3* переднего резцедержателя.

Для получения размера, заданного рабочим чертежом, достаточно увеличить настроечный размер резца в позиции *ПП3* на величину номинального припуска при окончательной подрезке относительно размера резца в позиции *ПП2*. При табличном значении $Z_{\text{ном}} = 0,79$ мм на данном окончательном переходе величина настроечного размера резца будет иметь значение

$$L_p = 91,99 + 0,79 = 92,78 \text{ мм.}$$

При этом настроечный размер эталона будет равен

$$L_{H5} = 28 \text{ мм.}$$

Для обработки канавок канавочным резцом использована позиция *ПР4* переднего резцедержателя. В этом случае резец необходимо выставить на размер как в продольном, так и в поперечном направлении относительно настроечной базы резцедержателя.

В первую очередь нужно сформировать канавку, прилегающую к торцу 9. В этом случае вылет канавочного резца в продольном направлении от настроечной базы резцедержателя будет равен аналогичному вылету резца в позиции *ПР3*. Это будет размер $L_p = 92,78 \pm 0,038 \text{ мм.}$

Для настройки канавочного резца в поперечном направлении относительно базы резцедержателя нужно сначала определить значение эталонного диаметра канавки $D_{\text{макс}} = 64 + 0,3 = 64,3 \text{ мм}$ и поправки $P = 45 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 59,4 \text{ мкм}$ в соответствии с табличными данными. В итоге номинальный размер эталона будет следующим:

$$D_H = 64,3 - 0,059 = 64,24 \text{ мм.}$$

Далее настраивается положение режущей кромки резца относительно настроечной базы резцедержателя, которое можно принять конструктивно, ориентируясь на размеры самого резцедержателя $L_p = 62 \pm 0,038 \text{ мм.}$

В заключении определяется положение упора относительно оси вращения шпинделя L_y в соответствии с размерной схемой, представленной на рис. 11.3.

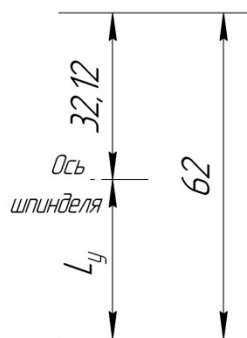


Рис. 11.3. Размерная схема для определения положения упора

Согласно рис. 11.3 размер L_y для канавочного резца

$$L_y = 62,00 - 32,12 = 29,88 \text{ мм.}$$

Допуск этого размера в соответствии с зависимостью (11.5) будет иметь следующее значение:

$$TL_y = TL_{H6} - TL_p = (0,3/2) - 0,076 = 0,07 \text{ мм.}$$

Для обработки второй канавки этим же резцом нужно только переставить упор резцедержателя в продольном направлении на величину $L_{н7} = 21$ мм относительно его положения при обработке первой канавки.

Пример 5 (приложение 10).

Для настройки резцов, формирующих торцы с одновременной обработкой цилиндрических поверхностей, можно рассмотреть позицию $РГ4$, где производится однократная обработка торцевой поверхности 5 и цилиндрической поверхности 20 одним режущим инструментом.

Алгоритм настройки резца в диаметральной направлении рассмотрен в примере 2. Настройка этого же резца для последующей подрезки торца имеет некоторые особенности, поскольку обработка ведётся с $РГ$, а не с резцедержателя, работающего с поперечной подачей.

Из анализа обработки торца в позиции $РГ4$ следует, что технологическая и конструкторская базы не будут совпадать в силу специфики настройки $РГ$, что очевидно приведёт к возникновению погрешности базирования.

На данном переходе, после пересчёта размеров из-за возникновения погрешности базирования, резец необходимо настраивать на размер $35_{-0,3}$. Далее вычисляется размер эталона по зависимости (11.2). Откуда $L_{мин} = 35,0 - 0,3 = 34,7$ мм, а настроечная поправка $P = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,7 \cdot 1,0 = 74,8$ мкм в соответствии с табличными данными.

Окончательно номинальный размер эталона будет следующим:

$$L_{н4} = 34,7 + 0,075 = 34,8 \text{ мм.}$$

Далее необходимо определить вылет оправки с резцом из стойки $РГ$ относительно установочной базы на торце кулачков патрона. Величину вылета L_p можно определить из следующей размерной схемы на рис. 11.4. На этой схеме $L_{ст}$ – это линейный размер инструментальной стойки. Расстояние от торца $РГ$ до настроечной базы кулачков патрона, установленное при помощи переставного упора, принято равным 215 мм.

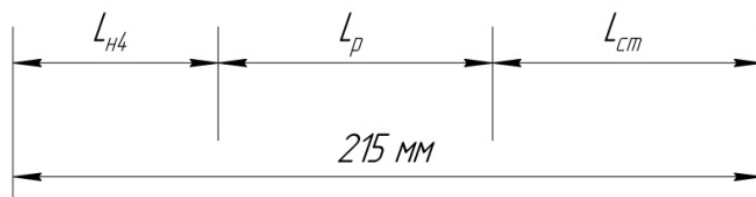


Рис. 11.4. Схема для определения величины вылета оправки L_p

Окончательно, численное значение для размера вылета оправки будет следующим:

$$L_p = 215 - L_{н4} - L_{ст} = 215 - 34,8 - 120 = 60,2 \text{ мм.}$$

В заключении нужно определить допуск для L_p в соответствии с зависимостью (11.4)

$$T_H = 200 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 20 \text{ мкм.}$$

Окончательно можно записать, что $L_p = 60,2 \pm 0,01$ мм. Данное значение необходимо проставить на листе наладки токарно-револьверного станка для соответствующей позиции револьверной головки.

Остальные настроечные размеры в других позициях обработки рассчитываются аналогичным образом.

12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Подробно этот вопрос рассматривается в лекциях по дисциплине «Технологическая оснастка» и в технической литературе [13].

12.1. Выбор аналога приспособления

При выборе аналога приспособления учитывается форма и расположение базирующих поверхностей детали, форма и расположение поверхностей, соприкасающихся с зажимными элементами приспособления, необходимость использования комбинированного зажима приспособления, а также привод приспособления.

При создании чертежа приспособления необходимо соблюдать следующие правила проектирования:

- контуры заготовки на чертеже приспособления вычерчиваются вспомогательными линиями (пунктирными, штрихпунктирными, тонкими);
- заготовка в приспособлении считается прозрачной, сквозь неё прорисовываются все элементы приспособления;
- количество проекций на чертеже приспособления должно быть достаточным для понимания работы конструкции приспособления и его общего вида;
- на чертеже приспособления должны быть необходимые разрезы и сечения, дающие полное представление о конструкции приспособления;
- главный вид приспособления должен располагаться со стороны рабочего, обслуживающего станок;
- зажимное устройство проектируемого приспособления должно

находиться в зажатом состоянии.

Проект конструкции приспособления для фрезерования лыски на операции 020 представлен на рис. 12.1.

Заготовка 1 устанавливается на оправку 2, цилиндрическая часть которой лишает заготовку двух степеней свободы. Торец буртика оправки лишает заготовку трёх степеней свободы. Ромбический палец 9 лишает заготовку одной степени свободы.

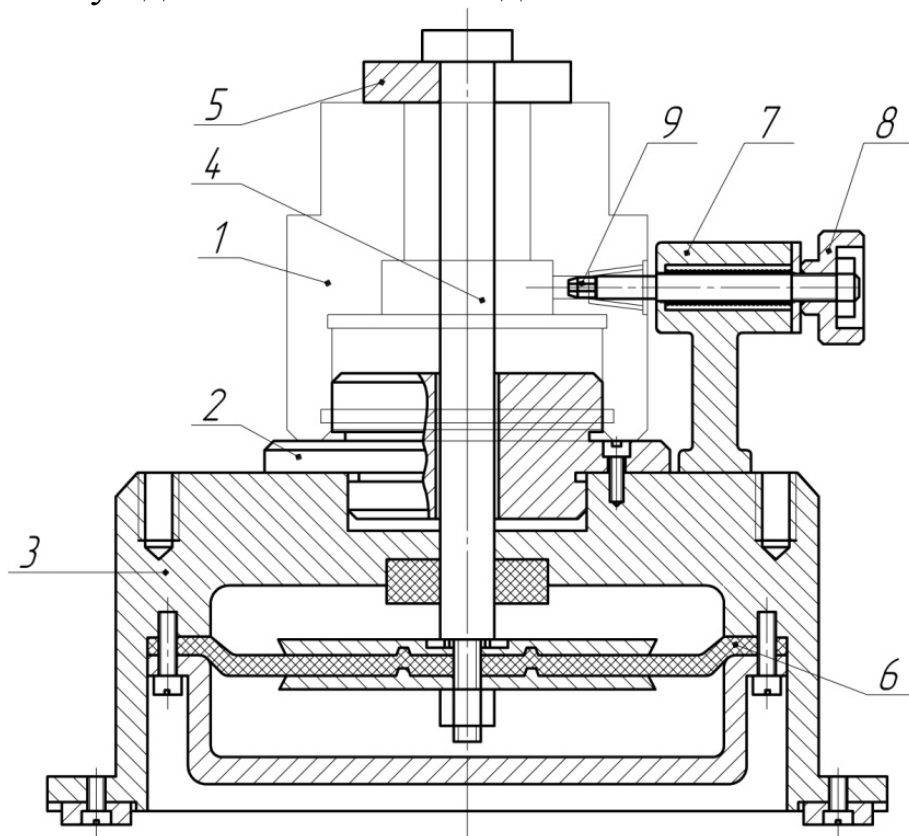


Рис. 12.1. Проект установочно-зажимного приспособления

Зажим заготовки осуществляется встроенной пневмокамерой 3, мембрана 6 которой перемещает шток 4. При установке заготовки в приспособление быстросъёмная шайба 5 отсутствует. После установки заготовки на палец 2 в боковое отверстие заготовки диаметром 5 мм при помощи рукоятки 8 вводится ромбический палец 9, который обеспечивает позиционирование лыски относительно бокового отверстия. Далее под головку штока 4 подводится шайба 5. Воздух, подающийся в верхнюю часть пневмокамеры 3, перемещает шток 4 вместе с шайбой 5 вниз и осуществляет зажим заготовки.

12.2. Точностной расчет приспособления

Одно из главных назначений приспособления – обеспечение точности обрабатываемой заготовки.

Точностной расчет приспособления предполагает анализ погрешностей, возникающих при установке заготовки в приспособлении. При этом сравниваются фактическая $\xi_{\text{ф}}$ и допустимая $\xi_{\text{доп}}$ погрешности установки заготовки по следующей зависимости:

$$\xi_{\text{ф}} \leq \xi_{\text{доп}}. \quad (12.1)$$

Если неравенство (12.1) выполняется, то принятая схема установки обеспечивает требуемую точность обработки.

Если при анализе выбранной схемы установки конструкторская (измерительная) и технологическая базы совпадают, то фактическая погрешность установки $\xi_{\text{ф}} = 0$ и точностной расчет делать не нужно.

Если данные базы не совпадают, то предлагается следующий алгоритм расчёта приспособления на точность.

1. На основании изучения чертежа детали устанавливается точность размеров и расположения поверхностей заготовки, обрабатываемой в проектируемом приспособлении.

2. Для выполняемого размера устанавливается положение конструкторской (измерительной) базы.

3. Для выполняемого размера рассчитывается фактическая погрешность установки заготовки в приспособлении $\xi_{\text{ф}}$.

4. Для выполняемого размера определяется величина допустимой погрешности установки $\xi_{\text{доп}}$.

5. Сравниваются рассчитанные значения $\xi_{\text{ф}}$ и $\xi_{\text{доп}}$. При выполнении неравенства (12.1) точность обработки заготовки в приспособлении обеспечивается. При невыполнении неравенства (12.1) необходимо либо уменьшить величину $\xi_{\text{ф}}$, либо свести её к нулю, изменив схему установки заготовки.

Пример точностного расчета проектируемого приспособления.

Проверяется возможность получения заданной точности при обработке лыски на заготовке в размер $31,500 \pm 0,125$ мм. Из анализа операционного эскиза следует, что размер формируется в диаметральном направлении.

Зависимость для расчёта $\xi_{\text{ф}}$ будет иметь следующий вид:

$$\xi_{\text{ф}} = \sqrt{\xi_{\text{б}}^2 + \xi_{\text{з}}^2}, \quad (12.2)$$

где $\xi_{\text{б}}$ – погрешность базирования заготовки в приспособлении;

$\xi_{\text{з}}$ – погрешность закрепления заготовки в приспособлении.

При установке заготовки в проектируемом приспособлении конструкторская база (ось отверстия) не совпадает с технологической базой (ось оправки приспособления). В этом случае погрешность бази-

рования заготовки ξ_6 будет равна величине максимального зазора между отверстием в заготовке и посадочным диаметром оправки. Величина максимального зазора S_{\max} определится по следующей зависимости:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min}, \quad (12.3)$$

где D_{\max} – наибольший предельный размер отверстия в заготовке;
 d_{\min} – наименьший предельный размер диаметра оправки.

На чертеже размер D_{\max} равен 60H7 ($^{+0,030}$) мм. Диаметр оправки для установки заготовки выполняется, как правило, с полем допуска g6. Значит, будет $60g6_{-0,029}^{-0,010}$ мм. Следовательно,

$$S_{\max} = 60,030 - 59,971 = 0,059 \text{ мм.}$$

Погрешность закрепления ξ_3 заготовки в приспособлении в данном случае можно принять равной нулю, так как направление вектора зажима не совпадает с направлением выполняемого размера.

При совпадении вектора силы зажима с направлением выполняемого размера величину ξ_3 в мкм можно определить по следующей зависимости:

$$\xi_3 = C \cdot Q^n \cdot \cos \alpha, \quad (12.4)$$

где C – коэффициент, характеризующий условия контакта поверхностей, который можно определить для стальной заготовки при установке на пластины по эмпирической зависимости $0,4 + 0,012 \cdot F$, где F – это площадь опорной поверхности заготовки в см^2 ;

Q – величина силы зажима в H ;

α – угол между направлением силы зажима и направлением измеряемого размера.

n – эмпирический коэффициент для стальных заготовок, равный 0,7.

Отсюда фактическую погрешность $\xi_{\text{ф}}$ установки заготовки в приспособление можно принять равной 0,06 мм.

Расчет допустимой погрешности $\xi_{\text{доп}}$ установки заготовки в приспособление выполняется по следующей зависимости:

$$\xi_{\text{доп}} = \sqrt{(T - \Delta_{\text{пр}})^2 - \tau^2}, \quad (12.5)$$

где T – величина допуска на выполняемый размер;

$\Delta_{\text{пр}}$ – погрешность размера, связанная с приспособлением;

τ – погрешность размера, связанная с методом обработки.

Величина $\Delta_{\text{пр}}$ определяется следующим образом:

$$\Delta_{\text{пр}} = \Delta_{\text{пр1}} + \Delta_{\text{пр2}}, \quad (12.6)$$

где $\Delta_{\text{пр1}}$ – погрешность изготовления приспособления;

$\Delta_{\text{пр}2}$ – погрешность установки приспособления на станке.

Известно, что допуск выполняемого размера равен 0,25 мм, а погрешность $\Delta_{\text{пр}1}$ можно принять равной 1/3 от допуска на настроенный размер. В данном случае настроенным является размер $31,500 \pm 0,125$ мм. Тогда $\Delta_{\text{пр}1} = 0,08$ мм. Погрешность $\Delta_{\text{пр}2}$ согласно рекомендациям технической литературы для деталей нормальной точности может быть принята равной 0,02 мм.

Погрешность τ , связанная с методом обработки соответствует точности обработки на станке, для которого проектируется приспособление. Для консольных вертикально-фрезерных станков по ГОСТ 17734-88 допуск на длине продольного перемещения стола до 400 мм для станков класса точности Н (нормальная точность) составляет 20 мкм. Следовательно, величина τ может быть принята равной 0,02 мм.

После подстановки принятых параметров в (12.5) $\xi_{\text{доп}}$ будет иметь следующее значение

$$\xi_{\text{доп}} = \sqrt{(0,25 - 0,145)^2 - 0,02^2} = 0,15 \text{ мм.}$$

Следовательно, в соответствии с зависимостью (12.1) можно записать $0,06 \text{ мм} \leq 0,15 \text{ мм}$.

Заданная точность обработки при фрезеровании лыски будет обеспечена при данной схеме установки детали в приспособление (см. рис. 12.1).

Точностной расчёт приспособления при получении линейных размеров можно выполнить на примере обработки торца 5 (см. рис. 6.2) на токарно-револьверной операции. Из анализа операционного эскиза следует, что конструкторская база (пов. 9) не совпадает с технологической базой (пов. 13). Следовательно, имеет место погрешность базирования, равная допуску размера, связывающего эти две поверхности. Значит, $\xi_6 = 0,13$ мм.

Погрешность закрепления ξ_3 заготовки в приспособлении принимается равной нулю, так как направление вектора зажима заготовки в трёхкулачковом патроне не совпадает с направлением выполняемого размера. Окончательно в соответствии с зависимостью (12.2) $\xi_{\text{ф}} = 0,13$ мм.

Погрешность $\Delta_{\text{пр}1}$ принимается равной 1/3 от допуска на настроенный размер. В данном случае настроенным является размер $40^{+0,38}_{+0,13}$. Значит, $\Delta_{\text{пр}1} = 1/3 \cdot 0,25 = 0,08$ мм. Погрешность $\Delta_{\text{пр}2}$ для данной детали может быть принята равной 0,02 мм. Следовательно,

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ мм.}$$

Погрешность τ для токарно-револьверных станков класса точности Н по ГОСТ 17734-88 можно принять равной 0,015 мм.

После подстановки принятых параметров в зависимость (12.5) $\xi_{\text{доп}}$ будет иметь следующее значение:

$$\xi_{\text{доп}} = \sqrt{(0,43-0,1)^2 - 0,015^2} = 0,33 \text{ мм.}$$

Окончательно, в соответствии с зависимостью (12.1), можно записать $0,13 \text{ мм} \leq 0,33 \text{ мм}$.

Заданная точность обработки при подрезке торца 5 будет обеспечена при данной схеме установки на операции 005.

12.3. Силовой расчёт приспособления

12.3.1. Расчёт составляющих силы резания

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – это тангенциальная составляющая P_z , которая определяется по следующей эмпирической зависимости:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (12.7)$$

где t – глубина фрезерования, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев фрезы;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

$K_{\text{мп}}$ – коэффициент качества обрабатываемого материала.

Согласно источнику [3] для углеродистой стали $K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n$.

Откуда при $\sigma_s = 580 \text{ МПа}$ и показателе степени $n = 0,3$ величина $K_{\text{мп}}$ будет иметь значение

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{580}{750} \right)^{0,3} = 0,93.$$

Коэффициенты C_p, x, y, u, q, w , входящие в формулу (12.7), определяются по методике [3].

Для данного случая $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$.

После подстановки всех параметров для этого примера в зависимость (12.7) будет получено следующее значение P_z :

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,15^{0,72} \cdot 25^{0,1} \cdot 4}{16^{0,86} \cdot 1600^0} \cdot 0,926 = 78 \text{ Н}$$

Другие составляющие силы резания при фрезеровании в соответствии с методикой [3] определяются по следующим зависимостям:

$$P_y = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 78 = 39 \text{ Н}$$

$$P_x = 0,5 \cdot \operatorname{tg}(\omega) \cdot P_z = 0,5 \cdot 0,577 \cdot 78 = 22,5 \text{ Н,}$$

где ω – угол наклона стружечных канавок.

Для концевых фрез типа 1 $\omega = 30^\circ$ и значит $\operatorname{tg}(\omega) = 0,577$.

12.3.2. Расчёт силы зажима заготовки в приспособлении

Определение силы зажима заготовки W в приспособлении для 020 операции производится в следующей последовательности:

- составляется расчётная схема для определения силы зажима W ;
- на основании расчётной схемы составляются и рассчитываются уравнения равновесия заготовки в процессе резания;
- определяется значение силы зажима W для дальнейших расчётов зажимного устройства приспособления и выбора привода приспособления.

Поскольку лыска на заготовке обрабатывается концевой фрезой, то на виде приспособления сверху можно видеть главные (имеющие наибольшие числовые значения) составляющие силы резания P_z и P_y (рис. 12.2).

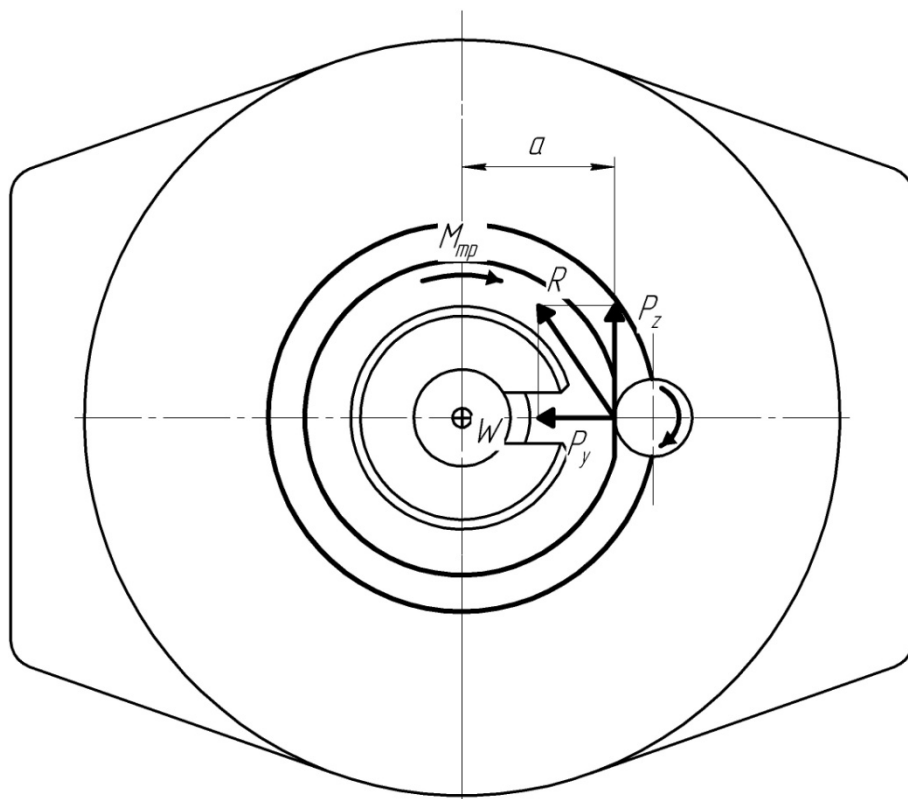


Рис. 12.2. Схема для силы зажима W на виде приспособления сверху

В процессе обработки резанием на заготовку действуют следующие группы сил.

Первая группа – это составляющие силы резания, масса заготовки, если она соизмерима с величиной силы резания и силы случайного характера, учитываемые поправочными коэффициентами. Эти силы стремятся сместить или развернуть заготовку в процессе резания.

Вторая группа – это силы зажима, силы трения и силы реакции опор, которые удерживают заготовку от смещения, разворота или опрокидывания в процессе резания.

Удерживает заготовку от разворота момент силы трения $M_{тр}$, возникающий под действием силы зажима W .

На рис. 12.2 сила W направлена вниз в сторону фланца детали и изображена крестиком в центре чертежа.

Сила трения $F_{тр}$, как составляющая $M_{тр}$, состоит из двух величин $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$. При этом сила $F_{тр1}$ возникает между заготовкой и быстросъёмной шайбой 5 (см. рис. 12.1), а сила $F_{тр2}$ возникает между заготовкой и буртиком оправки 2 (см. рис. 12.1), на который заготовка устанавливается одним из торцов.

Очевидно, что заготовка не будет смещаться, разворачиваться и опрокидываться, если в процессе обработки будет сохраняться равновесие всех действующих на неё сил. Это положение заготовки в процессе обработки описывается системой уравнений, известных из дисциплины «Теоретическая механика».

На рис. 12.3 представлена расчётная схема на виде приспособления слева.

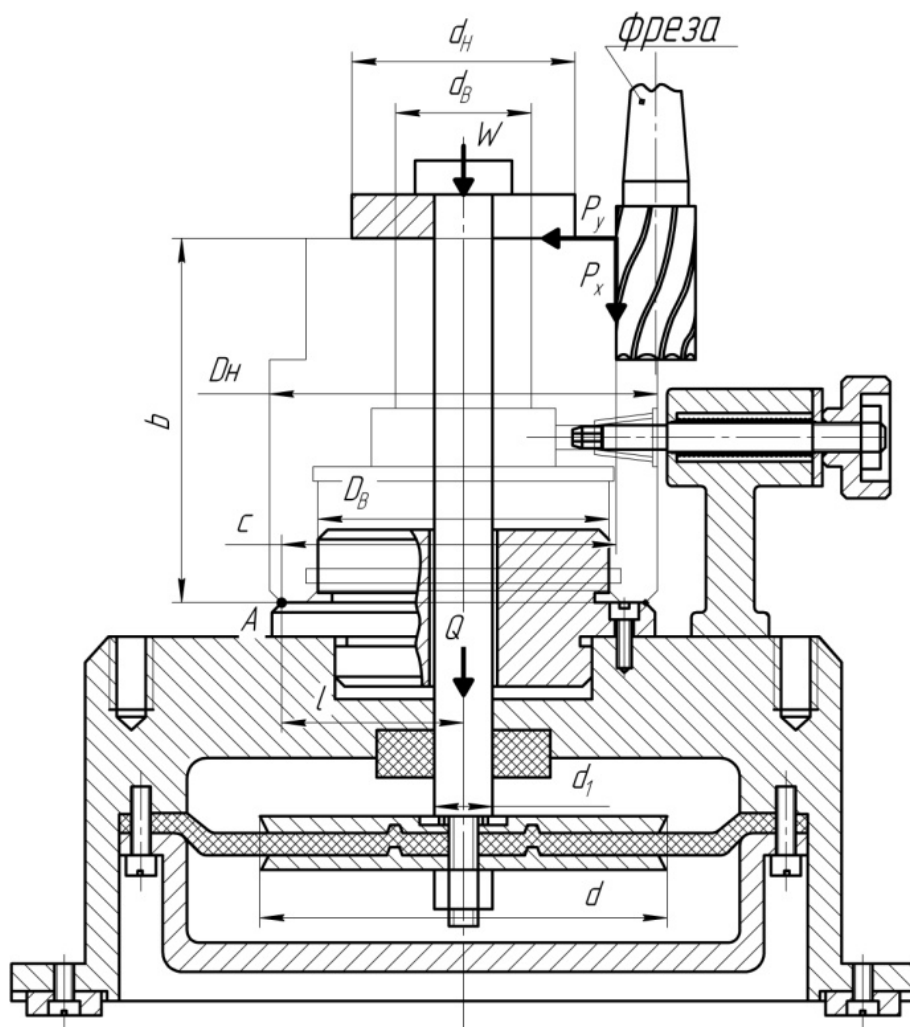


Рис. 12.3. Схема для расчёта силы зажима W на виде приспособления слева

Осевая составляющая силы резания P_x направлена вдоль оси инструмента. Радиальная составляющая силы резания P_y направлена к оси детали. Данные составляющие силы резания создают опрокидывающий момент для заготовки относительно точки A .

Удерживает заготовку от опрокидывания сила зажима заготовки W_2 .

Из рассмотрения расчётной схемы на рис. 12.2 следует, что цифрой 1 обозначается фланец детали, а цифрой 2 концевая фреза в положении, когда зубья срезают стружку наибольшей толщины. Очевидно, что в этом положении фрезы возникает наибольшая сила резания и создаётся наибольший момент резания.

Деталь устанавливается на цилиндрическую оправку с буртиком, которую необходимо разгрузить от действия составляющей силы резания P_y . Очевидно, что удерживают заготовку от смещения силы трения между заготовкой и быстросъёмной шайбой $F_{тр1}$ и между

заготовкой и буртиком цилиндрической оправки $F_{\text{тр}2}$. Уравнение равновесия сил в процессе обработки заготовки для данного случая будет иметь следующий вид:

$$K \cdot P_y = F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2}, \quad (12.8)$$

где K – коэффициент запаса для обеспечения надежного закрепления заготовки [3].

В работах учебного характера величину K допускается принимать в диапазоне от 2,5 до 3,5. В данном примере $K = 2,7$.

Сила трения между заготовкой и быстросъемной шайбой

$$F_{\text{тр}1} = W_1 \cdot f_1, \quad (12.9)$$

где W_1 – сила зажима заготовки (см. рис. 12.3);

f_1 – коэффициент трения между поверхностью заготовки и поверхностью быстросъемной шайбы, который для мест контакта заготовок с зажимными элементами приспособления можно принять равным 0,16 [3].

По аналогичной зависимости будет определена величина $F_{\text{тр}2}$ между поверхностью заготовки и поверхностью буртика цилиндрической оправки

$$F_{\text{тр}2} = W_1 \cdot f_2. \quad (12.10)$$

Коэффициент f_2 также может быть принят равным 0,16.

Далее на основании зависимостей (12.8), (12.9) и (12.10) можно выразить и вычислить силу зажима W_1 при помощи следующего уравнения:

$$W_1 = \frac{K \cdot P_y}{f_1 + f_2} = \frac{2,7 \cdot 39,03}{0,16 + 0,16} = 330 \text{ Н}, \quad (12.11)$$

Величина K в уравнении (12.11) может быть также принята равной 2,7, как и в рассмотренном выше примере, учитывающем сдвиг заготовки.

Составляющая силы резания P_z разворачивает заготовку относительно оси заготовки и, следовательно, создает момент на расстоянии a от оси установочной оправки.

Удерживают заготовку от поворота моменты сил трения между заготовкой и быстросъемной шайбой $M_{\text{тр}1}$, а также между заготовкой и буртиком оправки $M_{\text{тр}2}$. Уравнение моментов сил для определения силы зажима W_2 будет иметь следующий вид:

$$K \cdot P_z \cdot a = M_{\text{тр}1} + M_{\text{тр}2}, \quad (12.12)$$

Момент силы трения на кольцевой поверхности заготовки и быстросъемной шайбы определяется по следующей зависимости:

$$M_{\text{тр}_1} = \frac{1}{3} \cdot W_2 \cdot \frac{d_n^3 - d_в^3}{d_n^2 - d_в^2} \cdot f, \quad (12.13)$$

где W_2 – сила зажима заготовки для предотвращения её разворота относительно оси оправки 2 (см. рис. 12.1);

d_n и $d_в$ – диаметры кольцевых поверхностей заготовки, соприкасающейся с быстросъёмной шайбой 5 (см. рис. 12.1). Эти значения берутся непосредственно с чертежа проектируемого приспособления;

f – коэффициент трения между поверхностью заготовки и поверхностью быстросъёмной шайбы.

Момент силы трения на кольцевой поверхности заготовки и поверхности буртика оправки 2:

$$M_{\text{тр}_2} = \frac{1}{3} \cdot W_2 \cdot \frac{D_n^3 - D_в^3}{D_n^2 - D_в^2} \cdot f, \quad (12.14)$$

где D_n и $D_в$ – диаметры кольцевых поверхностей заготовки и буртика установочной оправки 2 (см. рис. 12.1).

После подстановки полученных зависимостей в уравнение (12.12), зависимость для определения W_2 будет иметь окончательный вид

$$K \cdot P_z \cdot a = \frac{1}{3} \cdot W_2 \cdot f \left(\frac{d_n^3 - d_в^3}{d_n^2 - d_в^2} + \frac{D_n^3 - D_в^3}{D_n^2 - D_в^2} \right). \quad (12.15)$$

После переноса W_2 в левую часть зависимости (12.15) и подстановки известных числовых значений в итоговую формулу, получится следующая величина силы зажима:

$$W_2 = \frac{3 \cdot 2,7 \cdot 78,05 \cdot 31,5}{\left(\frac{48^3 - 28^3}{48^2 - 28^2} + \frac{80^3 - 60^3}{80^2 - 60^2} \right) \cdot 0,16} = \frac{19914,46}{164,03 \cdot 0,16} = 753 \text{ Н.}$$

Составляющая силы резания P_x прижимает заготовку к буртику оправки приспособления. Следовательно, смещения заготовки в направлении действия силы не происходит.

Кроме этого, составляющие силы резания P_y и P_x создают опрокидывающий момент для заготовки относительно точки A (см. рис. 12.3). Эта точка является общей для заготовки и установочного элемента приспособления. Относительно точки A необходимо составить уравнение моментов сил, стремящихся опрокинуть заго-

товку, и моментов сил, удерживающих её от опрокидывания для дальнейшего определения силы зажима W_3 .

Зависимость будет иметь следующий вид:

$$K \cdot P_y \cdot b - K \cdot P_x \cdot c - W_3 \cdot l = 0. \quad (12.16)$$

Откуда

$$W_3 = \frac{K \cdot (P_y \cdot b - P_x \cdot c)}{l}. \quad (12.17)$$

После подстановки числовых значений получится

$$W_3 = \frac{2,7 \cdot (39,03 \cdot 75 - 22,52 \cdot 69)}{37,5} = 36,6 \text{ Н}$$

Если W_3 будет иметь отрицательное значение, это означает, что заготовка надёжно стоит на установочном элементе и её опрокидывание в процессе резания исключено.

Из всех полученных выше значений силы зажима для дальнейших расчётов принимается наибольшее значение. Таким образом, для расчёта механизированного привода приспособления необходимо принять силу зажима $W_2 = 753 \text{ Н}$.

12.4. Расчёт привода приспособления

На рис. 12.3 представлен простой механизм зажима заготовки, поскольку сила зажима W создаётся непосредственно приводом приспособления без использования передаточных механизмов.

При выборе механизированного привода решаются следующие задачи:

- установить возможности использования в конкретном случае гидравлического или пневматического привода;
- определить параметры привода для создания силы зажима W , достаточной для надёжного закрепления заготовки.

Небольшие числовые значения составляющих силы резания и соответственно силы зажима заготовки говорят о том, что в данном случае можно выбрать пневматический привод приспособления.

Для детали круглой формы рациональным является применение встроенной пневмокамеры.

Исходя из этих соображений, приспособление получается простым и компактным.

На следующем этапе необходимо выполнить расчёт основных параметров элементов пневмокамеры (см. рис. 12.3).

Сила Q на штоке 4 пневмокамеры равна наибольшему из определённых выше значений силы зажима W (см. рис. 12.3).

В данном случае принята камера двухстороннего действия. Это значит, что зажим заготовки и её отжим осуществляются подачей воздуха сначала в верхнюю часть камеры (штоковую – происходит зажим заготовки), а затем в нижнюю (бесштоковую – заготовка разжимается). При этом можно использовать резиновую плоскую диафрагму. У неё простая конструкция, которую можно изготовить на предприятии.

Давление воздуха для пневматических приводов согласно рекомендациям технической литературы $0,4 \div 0,6$ МПа.

Расчётные зависимости для определения размерных параметров элементов пневмокамеры следующие:

$$Q_n = \frac{\pi \cdot (d - d_1)^2 \cdot p}{4}, \quad (12.18)$$

где Q_n – сила на штоке пневмокамеры в начальном положении диафрагмы (диафрагма плоская);

p – давление воздуха в пневмокамере (0,5 МПа или 50 Н/см²);

d – диаметр нажимного диска (см. рис. 12.3);

d_1 – диаметр штока пневмокамеры (см. рис. 12.3).

Согласно конструкции приспособления на сборочном чертеже $d_1 = 18$ мм. Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что при выборе параметров пневмопривода размеры нажимных дисков или поршней указываются в сантиметрах. Поэтому параметр $d_1 = 1,8$ см.

Известно, что диафрагма оттягивается в процессе работы. Следовательно, чтобы учесть её амортизирующие свойства, рассчитывают силу на штоке Q_k в конечном положении диафрагмы по выражению

$$Q_k = 0,9 \cdot \frac{\pi \cdot (d - d_1)^2 \cdot p}{4}. \quad (12.19)$$

Из формулы (12.19) можно определить соотношение размеров нажимного диска и штока пневмокамеры, см² по зависимости

$$(d - d_1)^2 = \frac{4 \cdot Q_k}{0,9 \cdot \pi \cdot p},$$

После подстановки числовых значений получится

$$(d-d_1)^2 = \frac{4.753}{0,9 \cdot 3,14 \cdot 50} = 21,3 \text{ см}^2.$$

Откуда при $d_1 = 1,8$ см диаметр нажимного диска будет иметь значение $d = 6,4$ см.

Для данного примера можно принять камеру диаметром 120 мм.

12.5. Примеры расчета силы зажима заготовки W в приспособлении

Пример 1. Производится обработка заготовки на токарно-револьверном станке: резец 1 производит обтачивание заготовки, сверлом 2 – обрабатывается отверстие. Расчетная схема – рис. 12.4.

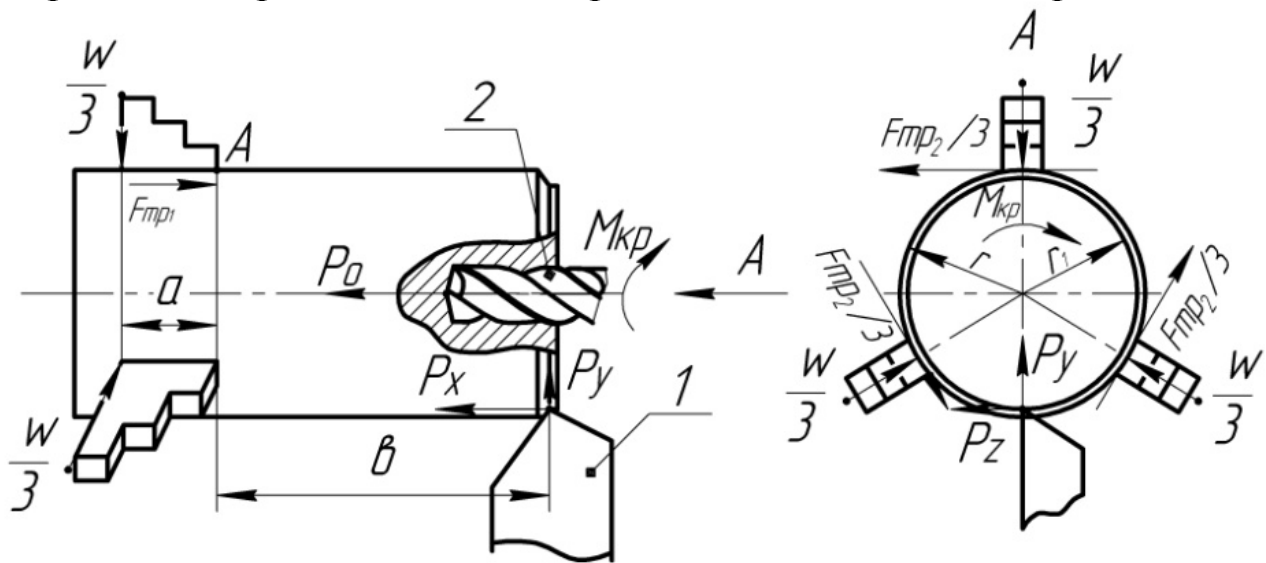


Рис. 12.4. Расчётная схема для определения силы зажима W

Анализ расчётной схемы (главный вид).

Рассматриваем вероятность смещения заготовки в процессе резания. Составляющая силы резания P_x при обтачивании и осевая сила P_o при сверлении могут сместить заготовку вправо. Заготовка удерживается в равновесии силами трения между каждым кулачком и поверхностью заготовки $F_{тр1}/3$. Таким образом, уравнение равновесия сил в процессе обработки заготовки для всех трёх кулачков будет иметь вид:

$$K \cdot (P_x + P_o) = F_{тр1}, \quad (12.20)$$

где $F_{тр1} = W_1 \cdot f$;

K – коэффициент запаса, учитывающий надёжность закрепления;

f – коэффициент трения между кулачками и поверхностью заготовки [3].

Отсюда сила зажима будет определена из зависимости:

$$W_1 = \frac{K \cdot (P_x + P_o)}{f}. \quad (12.21)$$

Анализ расчётной схемы (вид по стрелке А).

Под действием крутящего момента, возникающего на сверле, заготовка будет стремиться повернуться в кулачках по часовой стрелке. Поворот заготовки в этом же направлении может также произойти под действием момента резания, возникающего под действием составляющей силы резания P_z . Удерживают заготовку силы трения между кулачками и поверхностью заготовки $F_{тр2}/3$.

Уравнение равновесия моментов сил будет иметь вид:

$$K(M_{кр} + P_z \cdot r_1) = F_{тр2}, \quad (12.22)$$

где $F_{тр2} = W_2 \cdot f$.

Откуда сила зажима будет определена из зависимости:

$$W_2 = \frac{K(M_{кр} + P_z \cdot r_1)}{r \cdot f}, \quad (12.23)$$

Анализ расчётной схемы (главный вид и вид по стрелке А).

В процессе обработки может произойти выворот заготовки из кулачков относительно точки А под действием составляющих силы резания P_x и P_y от резца, а также осевой силы P_o от сверла. Уравнение равновесия моментов сил будет иметь вид:

$$K(P_y \cdot b + P_x \cdot 2 \cdot r_1 - P_o \cdot r) = W_3 \cdot a, \quad (12.24)$$

Откуда сила зажима будет определена из зависимости:

$$W_3 = \frac{K(P_y \cdot b + P_x \cdot 2 \cdot r_1 - P_o \cdot r)}{a}, \quad (12.25)$$

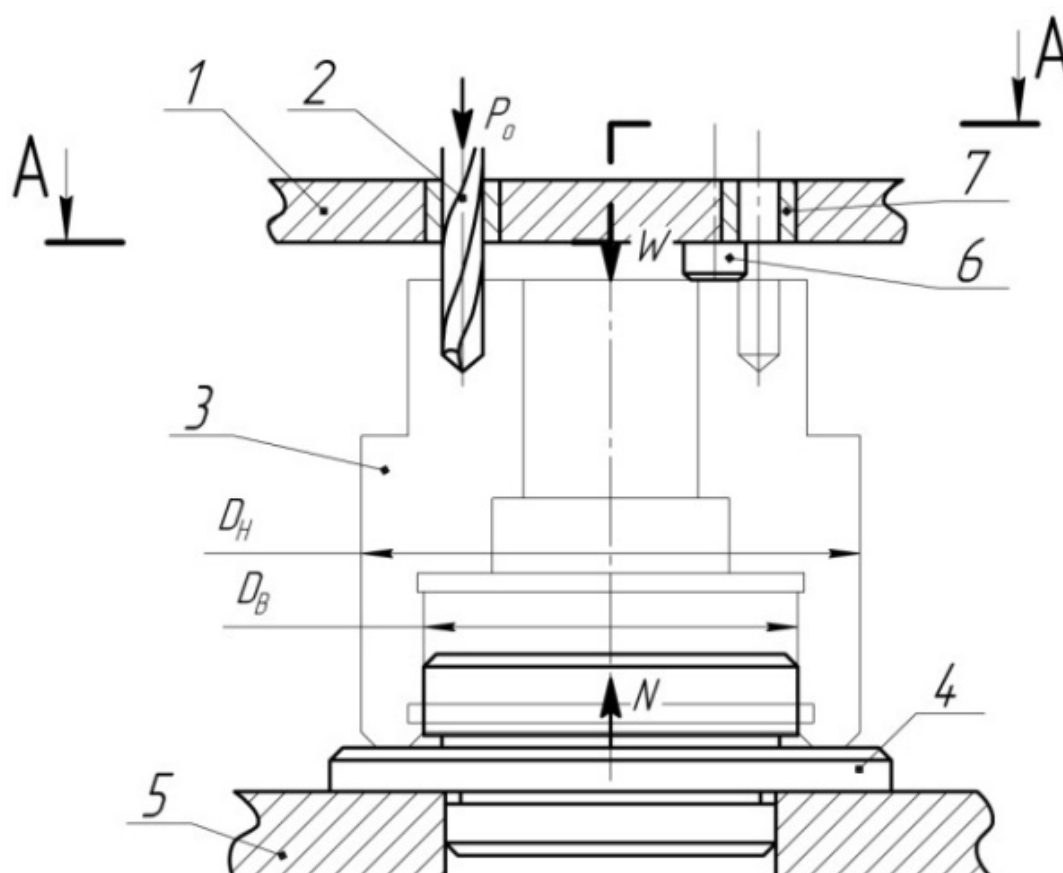
Расчётные зависимости для определения составляющих силы резания при точении P_x , P_y , P_z , а также осевой силы P_o и крутящего момента $M_{кр}$ при сверлении рассчитываются по формулам, приведённым в конце данной главы.

Пример 2. Производится обработка заготовки на вертикально-сверлильном станке. Заготовка 3 устанавливается на цилиндрический палец 4, расположенный в корпусе 5 кондуктора. Она зажимается постоянными опорами 6, установленными в кондукторной плите 1, при перемещении плиты штоком пневмоцилиндра кондуктора. Кондукторные втулки 7, установленные над обрабатываемыми отверстиями

в кондукторной плите 1, служат для направления сверла 2 (см. рис. 12.5, *a*).

Анализ расчётной схемы

Поскольку сверление отверстий производится в вертикальном направлении (см. рис. 12.5, *a*), осевая сила P_o направлена на установочный элемент приспособления, совпадает с направлением силы зажима W и способствует дополнительному прижиму заготовки к цилиндрической оправке. Следовательно, смещения заготовки в вертикальном направлении не произойдёт.



a

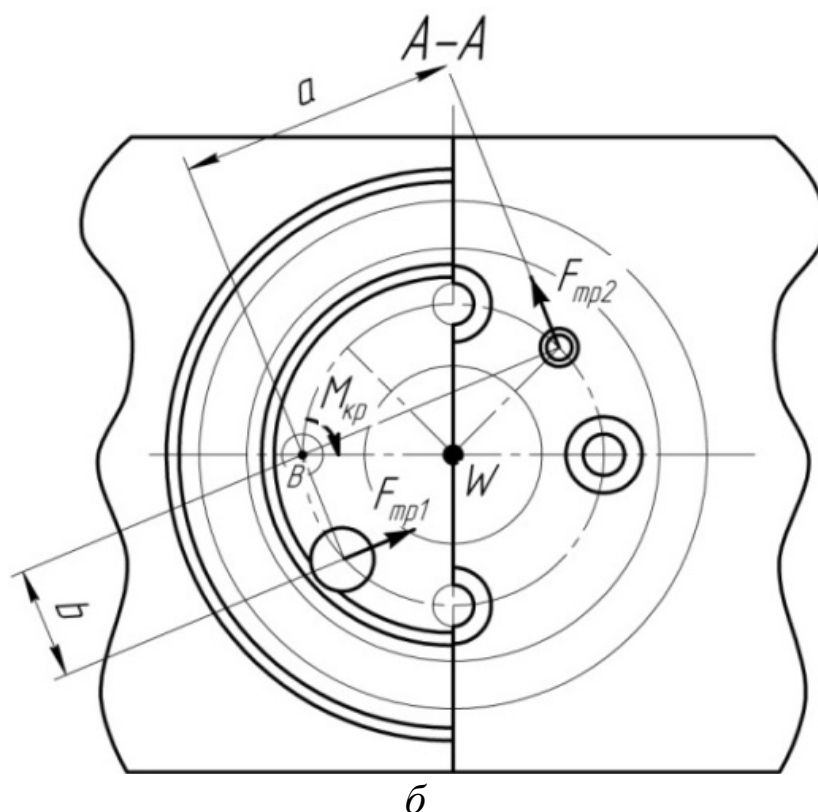


Рис. 12.5. Расчетная схема для определения силы зажима заготовки (a – главный вид, $б$ – вид сверху)

В то же время при сверлении отверстия режущий инструмент стремится развернуть заготовку относительно оси вращения сверла в точке B (см. рис. 12.5, б). Заготовка удерживается в равновесии силами трения между постоянными опорами 6 и заготовкой $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$, а также моментом трения $M_{тр}$ между заготовкой и торцовой поверхностью цилиндрической оправки 4.

Уравнение моментов сил относительно точки B будет иметь вид:

$$M_{кр} - F_{тр1} \cdot a - F_{тр2} \cdot b - M_{тр} = 0. \quad (12.26)$$

При этом для сил трения расчётная зависимость будет:

$$F_{тр1} = F_{тр2} = W \cdot f_1. \quad (12.27)$$

Момент трения в этом случае рассчитывается по зависимости:

$$M_{тр} = \frac{1}{3} \cdot N \cdot \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \cdot f_2, \quad (12.28)$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения между заготовкой и постоянными опорами, заготовкой и торцовой поверхностью цилиндрической оправки соответственно;

N – опорная реакция (см. рис. 12.5, а).

Значение N определяется для данного случая по формуле:

$$N = W + K \cdot P_o, \quad (12.29)$$

где K – коэффициент запаса (см. пример 1).

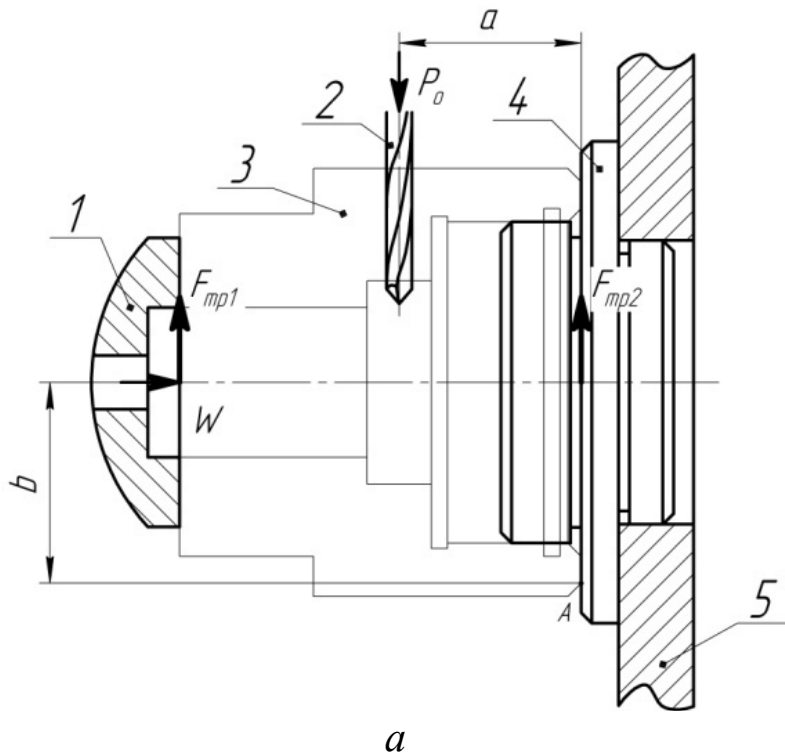
Составляющие зависимостей (12.26) и (12.28) D_H , D_B , a , b (см. рис. 12.5) определяются непосредственно из сборочного чертежа приспособления.

После подстановки уравнений (12.27), (12.28) и (12.29) в исходное уравнение (12.26) и выражения его через W итоговая зависимость будет:

$$W = \frac{3 \cdot M_{кр} - K \cdot P_o \cdot \left(\frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right) \cdot f_2}{\left[3 \cdot f_1 \cdot (a + b) + \left(\frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right) \cdot f_2 \right]}. \quad (12.30)$$

Расчёт механизированного привода для данной схемы установки необходимо выполнять по методике, изложенной выше.

Пример 3. Производится обработка заготовки на вертикально-сверлильном станке. Заготовка 3 устанавливается на цилиндрическую оправку 4, расположенную в плите 5 сменной наладки кондуктора. Она зажимается сферической шайбой 1, перемещаемой зажимными элементами приспособления. Сверление отверстия осуществляется сверлом 2 (см. рис. 12.6).



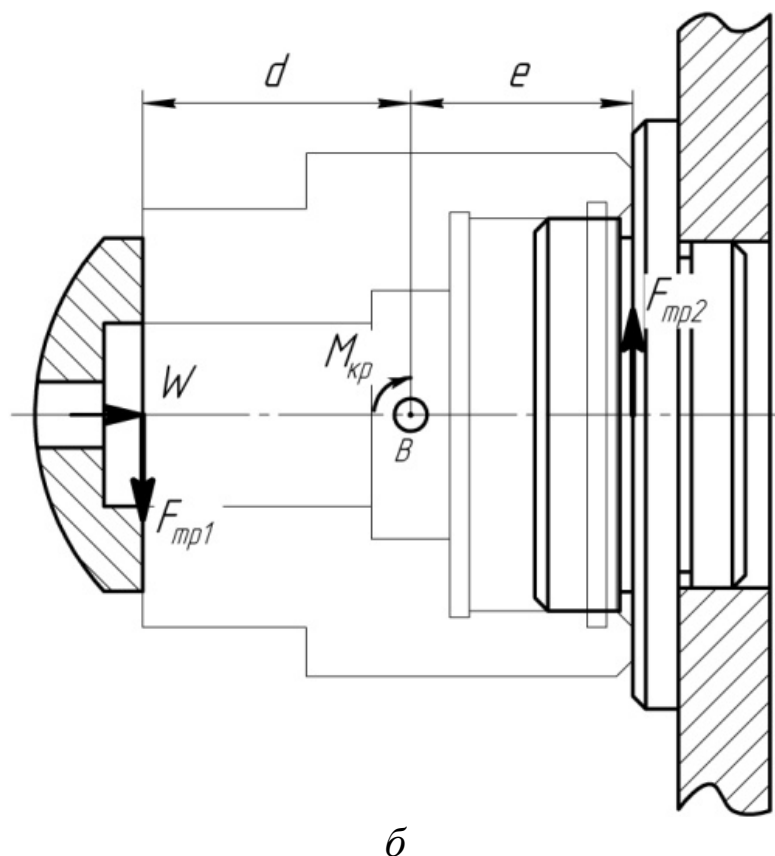


Рис. 12.6. Расчётная схема для определения силы зажима заготовки
(*a* – главный вид, *б* – вид сверху)

Анализ расчётной схемы

Ввиду того, что сверление отверстия производится в вертикальном направлении (см. рис. 12.6, *a*), осевая сила P_o , направленная вниз, стремится сдвинуть заготовку в этом направлении. Осевое усилие воспринимает цилиндрическая оправка 4. Для разгрузки оправки от этого усилия необходимо обеспечить нужную зажимную силу W_1 . Эту силу можно определить из следующего уравнения равновесия сил в вертикальном направлении:

$$K \cdot P_o - F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 0, \quad (12.31)$$

где $F_{\text{тр}1} = W_1 \cdot f_1$ – сила трения между шайбой 1 и заготовкой 3, а $F_{\text{тр}2} = W_1 \cdot f_2$ – сила трения между оправкой 4 и заготовкой 3.

Подставляем эти зависимости в зависимость (12.31).

Окончательно формула для определения значения W_1 имеет вид:

$$W_1 = \frac{K \cdot P_o}{f_1 + f_2}. \quad (12.32)$$

На рис. 12.6, *a* осевая сила P_o стремится развернуть заготовку относительно точки *A*.

Для предотвращения этого разворота необходимо составить уравнение моментов всех сил, действующих на заготовку, относительно точки А:

$$-K \cdot P_o \cdot a + W_2 \cdot b = 0. \quad (12.33)$$

Отсюда определяем силу зажима W_2 :

$$W_2 = \frac{K \cdot P_o \cdot a}{b}. \quad (12.34)$$

Анализ сил и моментов сил, действующих на заготовку, на рис. 12.6, б показывает, что момент $M_{кр}$ при сверлении стремится развернуть заготовку относительно оси вращения сверла.

Уравнение равновесия моментов сил для этого случая будет иметь вид

$$M_{кр} - F_{тр1} \cdot d - F_{тр2} \cdot e = 0, \quad (12.35)$$

где $F_{тр1} = W_3 \cdot f_1$ – сила трения между заготовкой и сферической шайбой 1, а $F_{тр2} = W_3 \cdot f_2$ – сила трения между заготовкой и торцом оправки. В этих выражениях W_3 – сила зажима, необходимая для предотвращения разворота заготовки.

Окончательно значение W_3 определится, из уравнения

$$W_3 = \frac{M_{кр}}{(f_1 \cdot d - f_2 \cdot e)}. \quad (12.36)$$

Пример 4. Производится обработка заготовки на вертикально-фрезерном станке. Заготовка 1 устанавливается с опорой в торец на цилиндрическую оправку 2, расположенную в корпусе 3 приспособления. Она может быть зажата двумя Г-образными прихватами, которые приводятся в движение встроенным пневмоцилиндром. Фрезерование паза осуществляется дисковой трёхсторонней фрезой (см. рис. 12.8).

Операционный эскиз для этой схемы обработки представлен на рис. 12.7.

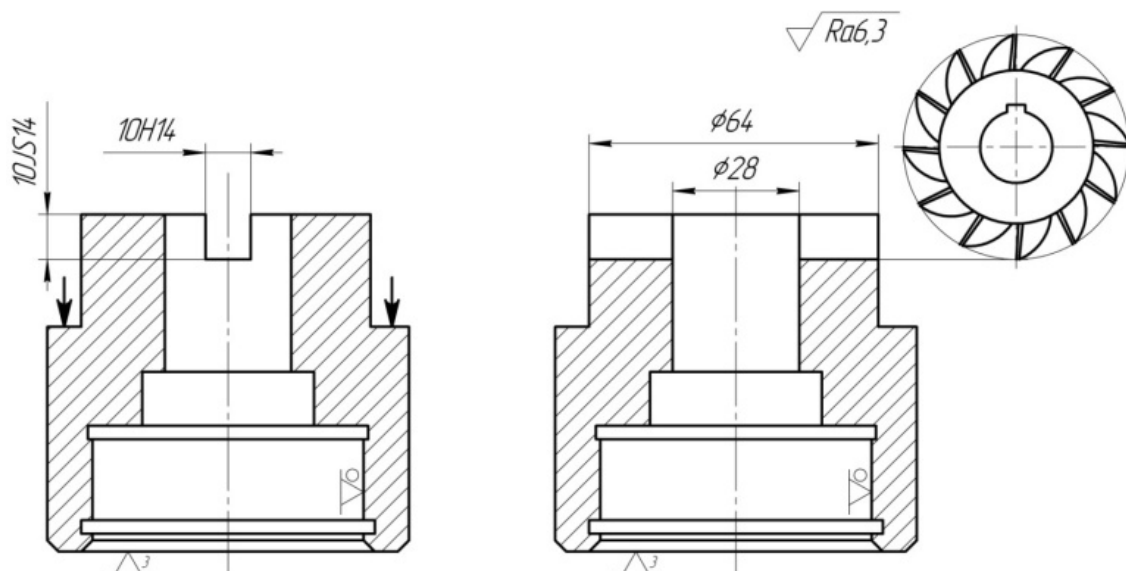


Рис. 12.7. Операционный эскиз для фрезерования паза

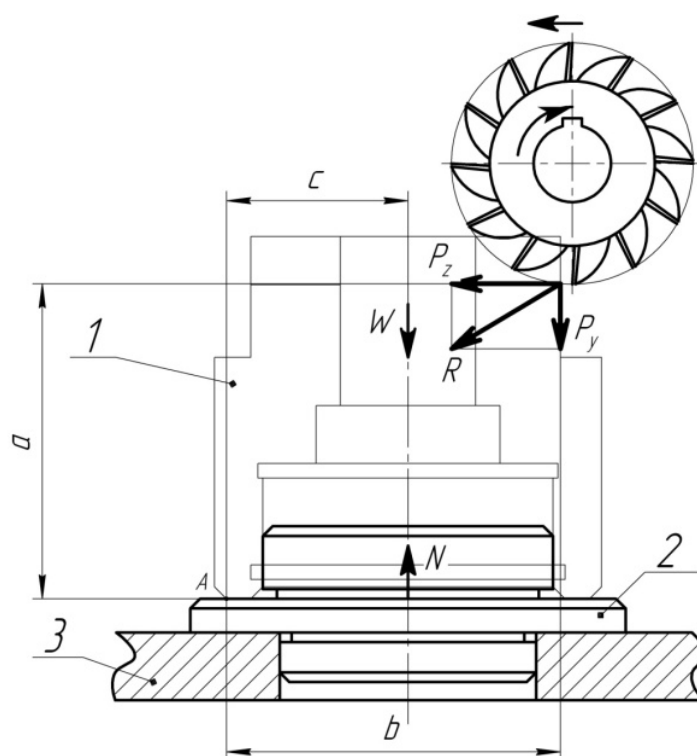


Рис. 12.8. Расчётная схема для определения силы зажима заготовки

Для определения необходимой силы зажима заготовки при фрезеровании паза нужно предварительно рассчитать составляющие силы резания P_x , P_y , P_z для фрезерования данной поверхности заготовки.

На рисунке 12.8 представлена расчётная схема для определения силы зажима. На основании этой схемы необходимо составить уравнения равновесия сил и моментов сил для расчёта силы зажима заготовки.

Анализ расчётной схемы

Рассматриваем условие равновесия сил относительно оси z (направление P_z). Сила резания P_z стремится сдвинуть заготовку влево. Это усилие воспринимает цилиндрическая оправка, на которой центрируется заготовка. Для того чтобы разгрузить оправку, в уравнение равновесия сил необходимо ввести силы трения, уравнивающие влияние составляющей силы резания P_z . Уравнение имеет следующий вид:

$$K \cdot P_z - F_{\text{тр1}} - F_{\text{тр2}} = 0. \quad (12.37)$$

где $F_{\text{тр1}} = W_1 \cdot f_1$, а $F_{\text{тр2}} = N \cdot f_2$.

Опорная реакция N определится из следующего выражения:

$$N = W_1 + K \cdot P_y. \quad (12.38)$$

После подстановки в уравнение (12.37) уравнений для сил трения можем получить зависимость для определения силы зажима W_1 :

$$W_1 = \frac{K \cdot (P_z - P_y \cdot f_2)}{f_1 + f_2}. \quad (12.39)$$

Рассматриваем условие равновесия сил относительно оси y (направление составляющей силы резания P_y). Составляющая силы резания P_y направлена на установочный элемент приспособления и совпадает с направлением силы зажима W , что способствует дополнительному прижиму заготовки к установочному элементу. Следовательно, смещение заготовки в направлении действия силы P_y происходить не будет.

Рассматриваем условие равновесия моментов сил. Составляющие силы резания P_z и P_y стремятся опрокинуть заготовку относительно точки A (см. рис. 12.8). Точка A является общей для заготовки и для установочного элемента приспособления.

Уравнение равновесия моментов сил относительно этой точки будет иметь следующий вид:

$$-K \cdot P_z \cdot a + K \cdot P_y \cdot b + W_2 \cdot c = 0. \quad (12.40)$$

А силу зажима заготовки для данного случая можно определить из выражения:

$$W_2 = \frac{K \cdot (P_z \cdot a - P_y \cdot b)}{c}. \quad (12.41)$$

Так как фреза является трехсторонней, составляющие силы ре-

зания на её боковых гранях P_x , направленные вдоль оси фрезы, будут компенсировать друг друга. Значит, ни смещения, ни разворота заготовки в процессе резания происходить не будет.

Составляющие силы резания при фрезеровании определяются в соответствии с зависимостью (12.7).

Для последующего проектирования зажимных элементов приспособления из всех полученных при решении уравнений значений силы зажима выбирается максимальное значение.

Пример 5. Производится обработка заготовки на вертикально-фрезерном станке. Заготовка 1 устанавливается на опорные пластины 2 цилиндрической поверхностью наибольшего диаметра и упирается в призму 3. Фрезерование лыски осуществляется концевой фрезой (см. рис. 12.10). Операционный эскиз этой схемы обработки представлен на рис. 12.9.

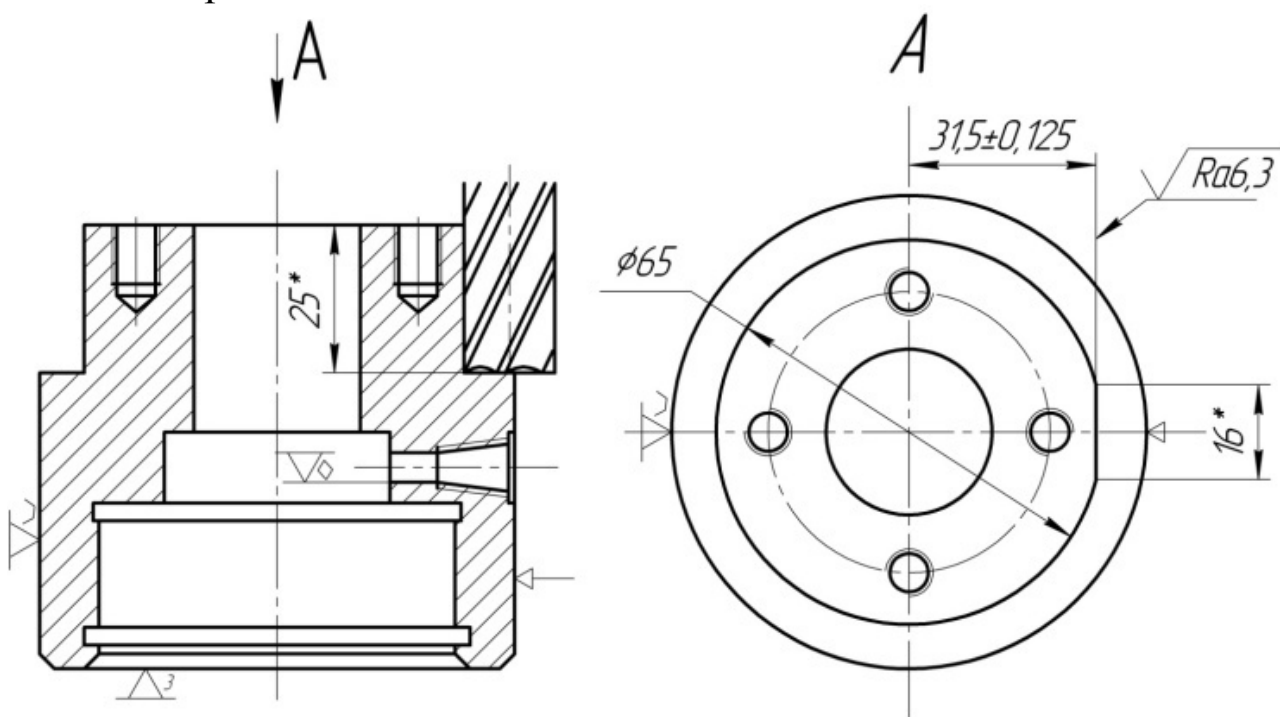


Рис 12.9. Операционный эскиз при установке заготовки на опорные пластины и призму

Для определения необходимой силы зажима в данном приспособлении нужно сначала рассчитать составляющие силы резания P_x , P_y , P_z , при фрезеровании лыски.

На рис. 12.10 представлена расчётная схема для определения силы зажима заготовки в приспособлении. Фреза показана в положении наибольшего врезания в заготовку.

Заготовка центрируется по боковым поверхностям призмы и лишается двух степеней свободы. Три степени свободы отнимает у неё установка на опорные пластины, а подпружиненный срезанный палец 4 (см. рис. 12.10) обеспечивает её полную ориентацию в данном приспособлении.

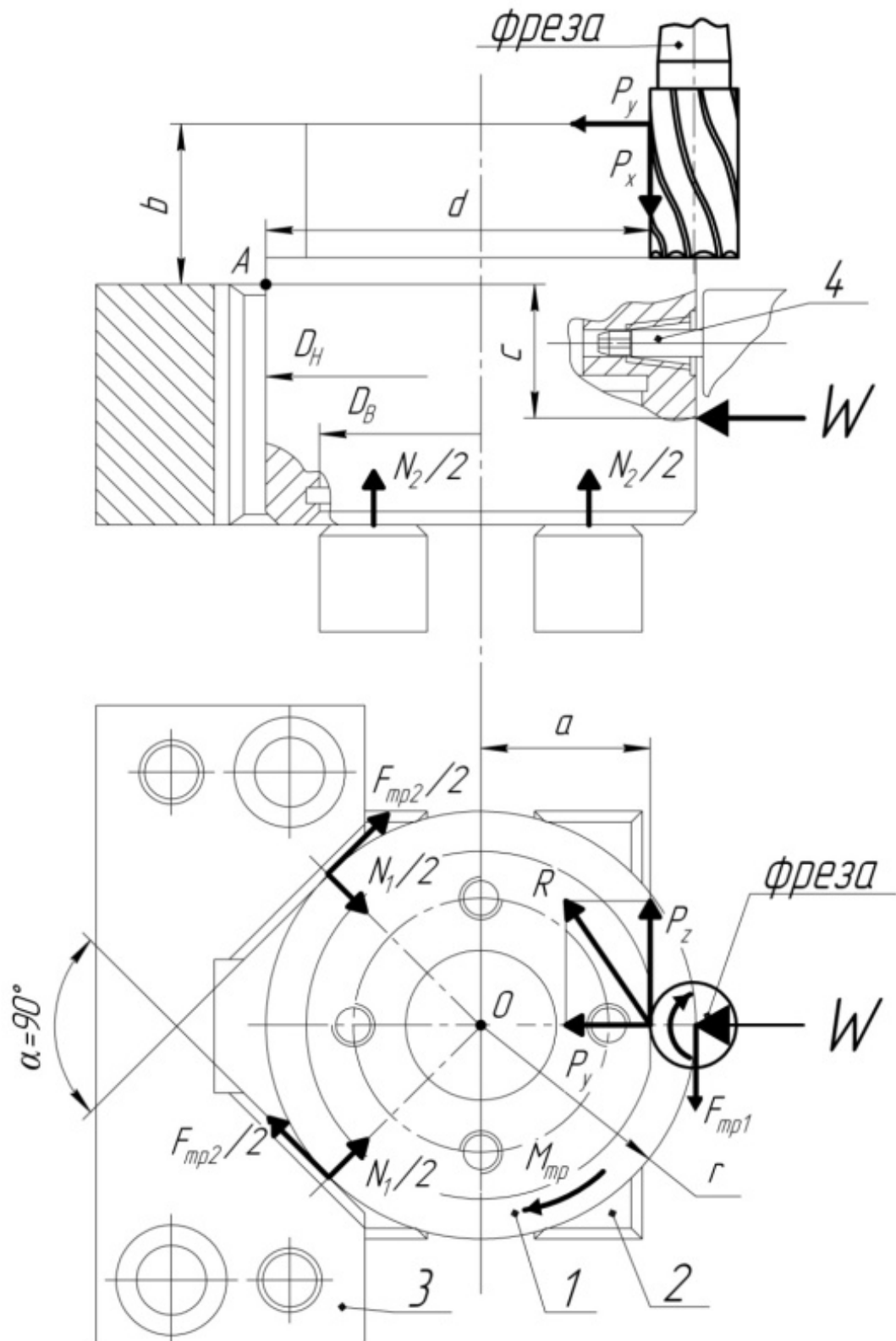


Рис. 12.10. Расчётная схема для определения силы зажима заготовки

Анализ расчётной схемы

Из рис. 2.10 (главный вид) следует, что составляющая силы резания P_y и сила зажима W_1 стремятся сдвинуть заготовку влево. Это усилие воспринимает призма, в которую упирается заготовка. Смещения заготовки не происходит, расчёт относительно оси y не требуется.

Сила резания P_z (см. рис. 2.10, вид сверху) стремится сдвинуть заготовку в направлении её действия. Для разгрузки призмы в этом направлении требуется определить необходимую силу зажима заготовки W_2 . Противодействовать смещению заготовки в этом случае будут силы трения, возникающие между опорными пластинами и заготовкой $F_{тр3}$, а также зажимным элементом и заготовкой $F_{тр1}$.

Уравнение равновесия сил для этого случая будет следующим:

$$K \cdot P_z - F_{тр3} - F_{тр1} = 0, \quad (12.42)$$

При этом $F_{тр1} = W_2 \cdot f_1$, а $F_{тр3} = K \cdot P_x \cdot f_3$, где f_1 и f_3 – коэффициенты трения между зажимным элементом и заготовкой, а также между опорными пластинами и заготовкой.

После подстановки $F_{тр1}$ и $F_{тр3}$ в зависимость (12.42) сила зажима W_2 определится из следующего уравнения:

$$W_2 = \frac{K \cdot (P_z - P_x \cdot f_3)}{f_1}. \quad (12.43)$$

Составляющая силы резания P_y стремится опрокинуть заготовку относительно точки A (см. рис. 12.10). Этому препятствуют составляющая силы резания P_x и сила зажима заготовки W . Уравнение равновесия моментов сил будет иметь следующий вид:

$$-K \cdot P_y \cdot b + W_3 \cdot c + K \cdot P_x \cdot d = 0. \quad (12.44)$$

Откуда сила зажима:

$$W_3 = \frac{K \cdot (P_y \cdot b - P_x \cdot d)}{c}. \quad (12.45)$$

Кроме возможного сдвига, составляющие силы резания стремятся развернуть заготовку относительно её центральной точки O (см. рис. 12.10, вид сверху).

В данном случае уравнение равновесия моментов сил относительно этой точки будет иметь следующий вид:

$$-K \cdot P_z \cdot a + F_{тр1} \cdot r + 2 \cdot \frac{F_{тр2}}{2} \cdot r + M_{тр} = 0. \quad (12.46)$$

Сила трения $F_{тр1} = W_4 \cdot f_1$ действует в месте контакта зажимного

элемента приспособления и заготовки.

$F_{\text{тр}2} = N_I \cdot f_2$ – сила трения между заготовкой и призмой; f_2 – коэффициент трения между заготовкой и установочной поверхностью призмы, а N_I – опорная реакция от установочного элемента – призмы.

Реакция N_I возникает от действия сил P_y и W_4 определяется из следующего уравнения равновесия:

$$2 \cdot \frac{N_I}{2} \cdot \sin(\alpha/2) = W_4 + K \cdot P_y. \quad (12.47)$$

Отсюда

$$N_I = \frac{W_4 + K \cdot P_y}{\sin(\alpha/2)}. \quad (12.48)$$

Момент трения $M_{\text{тр}}$ между опорными пластинами и торцом заготовки определяется по формуле:

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} \cdot N_2 \cdot \left(\frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right) \cdot f_3. \quad (12.49)$$

В зависимости (12.49) N_2 – нормальная реакция опорных пластин; $N_2 = K \cdot P_x$.

После подстановки всех промежуточных зависимостей в формулу (12.44) она примет следующий вид:

$$-K \cdot P_z \cdot a + W_4 \cdot f_1 \cdot r + \frac{W_3}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_1 \cdot r + \frac{K \cdot P_y}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_1 \cdot r + M_{\text{тр}} = 0. \quad (12.50)$$

Откуда для расчёта силы зажима W_4 окончательно можно записать следующую зависимость:

$$W_4 = \frac{K \cdot P_z \cdot a - \frac{K \cdot P_y}{\sin(\alpha/2)} \cdot f_1 \cdot r - M_{\text{тр}}}{\left(f_1 \cdot r + \frac{f_1 \cdot r}{\sin(\alpha/2)} \right)}. \quad (12.51)$$

Для последующего проектирования зажимных элементов приспособления из всех полученных значений силы зажима необходимо выбрать максимальное значение.

Составляющие силы резания при фрезерной обработке определяются в соответствии с зависимостью (12.7).

Для определения осевой силы резания P_o и крутящего момента $M_{\text{кр}}$ при сверлении чёрных металлов можно использовать следующие известные зависимости:

а) для осевой силы

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (12.52)$$

где C_p – справочный коэффициент, равный 68;

s – осевая подача, мм/об;

q – справочный показатель степени, равный единице;

y – справочный показатель степени, равный 0,7;

D – диаметр сверла, мм;

K_p – коэффициент качества обрабатываемого материала, равный 0,85;

б) для крутящего момента

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p, \quad (12.53)$$

где C_m – справочный коэффициент, равный 0,035;

q – справочный коэффициент, равный двум;

y – справочный коэффициент, равный 0,8.

Для обработки резцами чёрных металлов составляющие силы резания определяются по следующей зависимости:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot v^n \cdot t^x s^y \cdot K_p, \quad (12.54)$$

где для составляющей силы P_z можно ориентировочно принять

C_p – справочный коэффициент, равный 300;

v – скорость резания, м/мин;

t – глубина резания, мм;

s – осевая подача, мм/об;

n – справочный показатель степени, равный –0,15;

x – справочный показатель степени, равный единице;

y – справочный показатель степени, равный 0,75;

K_p – коэффициент условий резания, равный 0,95;

для составляющей силы P_y можно ориентировочно принять

C_p – справочный коэффициент, равный 243;

n – справочный показатель степени, равный –0,3;

x – справочный показатель степени, равный 0,9;

y – справочный показатель степени, равный 0,6;

K_p – коэффициент условий резания, равный 1,2;

для составляющей силы P_x можно ориентировочно принять

C_p – справочный коэффициент, равный 339;

n – справочный показатель степени, равный –0,4;

x – справочный показатель степени, равный единице;

y – справочный показатель степени, равный 0,5;

K_p – коэффициент условий резания, равный 1,2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. 52 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т1. 912 с.: ил.
3. Справочник технолога машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, А.Г. Сулова, А.М. Дальского, Р.К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т2. 944 с.: ил.
4. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов и [др.]; под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2004. 784 с.: ил.
5. Проектирование технологии групповой обработки на токарно-револьверных станках: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. В. В. Кувшинский, В.Б. Федоров. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 1994. Ч.1. 36 с.
6. Технология машиностроения. Часть II: Проектирование технологических процессов: учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: СПбГПУ, 2002. 498 с.
7. Технология машиностроения. Часть III: Правила оформления технологической документации: учеб. пособие / Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, Б.Я. Розовский, В.В. Дегтярев, А.М. Соловейчик; под ред. С.Л. Мурашкина. СПб.: СПбГПУ, 2002. 59 с.
8. Ашихмин В.Н. Размерный анализ при технологическом проектировании: учеб. пособие/ В.Н. Ашихмин, В.В. Закураев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 93 с.
9. Режимы резания металлов: справочник / Ю.В. Барановский [и др.]. 4-е изд., перераб. и доп. М.: НИИТавтопром, 1995. 456 с.
10. Горбачевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учеб. пособие / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. 5-е изд. М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места, подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. М., 1988.
12. Краткий справочник металлиста/ А.Н. Малов [и др.]. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1972. 745 с.: ил.
13. Ансёров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. / М.А. Ансёров. 4-е изд., исправл. и доп. – Л.: Машиностроение, 1975. – 655 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

**«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____

«_____» _____ 20__ г.

Задание № _____

по курсовому проектированию

Студент группы _____ специальность _____

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Руководитель курсового проектирования _____

Срок проектирования с _____ по _____

1. Тема курсового проекта _____

2. Содержание проекта (какие графические работы и расчеты должны быть выполнены). Разработка структуры технологического процесса, расчет размерных связей, расчет режима резания, трудовое нормирование, расчет наладочных размеров, силовой и точностной расчет приспособления. Лист наладки ТРС и лист сборочного чертежа приспособления.

3. Особые дополнительные сведения. К курсовому проекту должен быть приложен комплект технологической документации (МК, КЭ, ОК) и спецификация на сборочный чертеж.

4. План выполнения курсового проекта

№	Наименование работ	Сроки	Оценка	
1	Проектирование исходной заготовки			
2	Проектирование структуры ТП			
3	Выбор оборудования и схем базирования			
4	Расчет диаметральных размеров			
5	Линейный размерный анализ			
6	Расчет режимов резания и выбор инструмента			
7	Трудовое нормирование			
8	Расчет наладочных размеров			
9	Точностной и силовой расчет приспособления			
10	Проектирование листа наладки на ТРС			
11	Проектирование сборочного чертежа оснастки			
12	Оформление технологической документации			
Итого				

5. Курсовое проектирование закончено _____

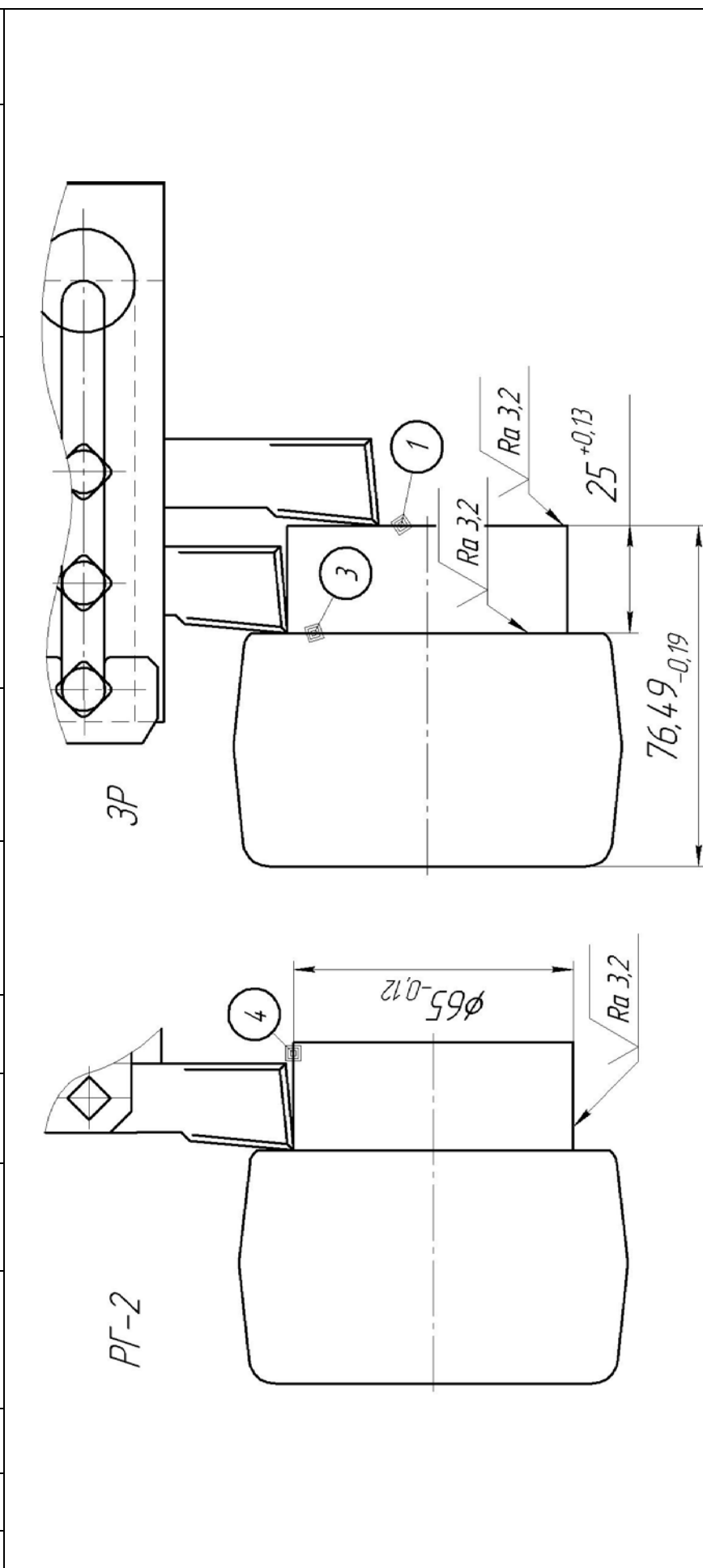
6. Оценка проекта _____

Руководитель _____

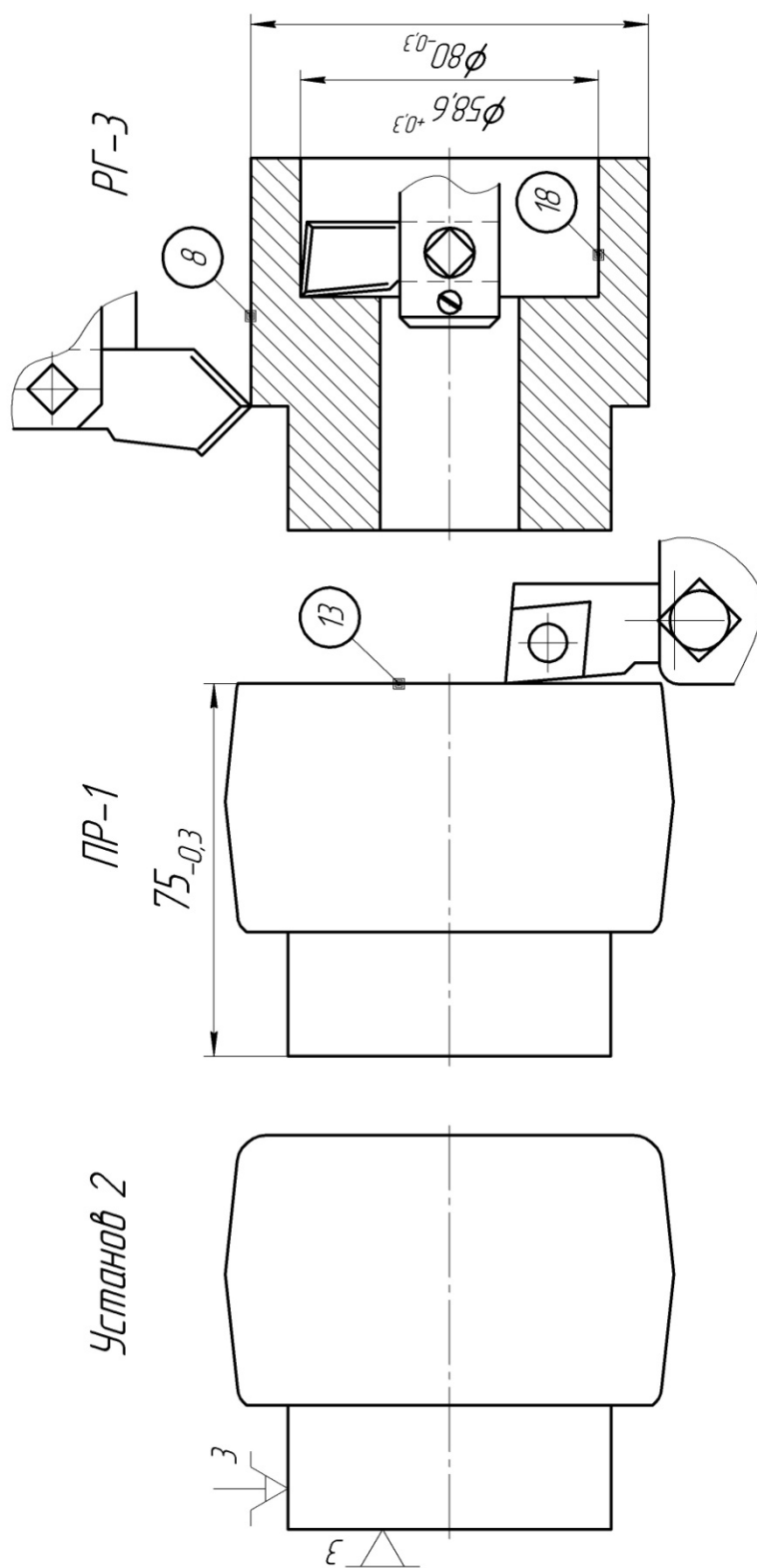
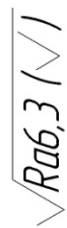
		Перв. примен.													
		Справ. №													
		Подп. и дата	Инз. № дробл.	Взам. инд. №	Инд. № докл.										
		Подп. и дата													
		Инд. № подл.													
		Н.контр. Утв.							151001.000000.033						
		Т.контр.	Стакан						Лист	Масса	Масштаб				
		Пров.												1,69	1:1
		Разраб.													Лист
		Изм./лист	Сталь 40 ГОСТ 1050-88						ЧГТУ-УПИ Кафедра ТМ						
Копировал			Формат А4												

[illegible]

[illegible]

[illegible][illegible]

КЭ	Карта эскизов	4
----	---------------	---

[illegible]

КЭ	Карта эскизов	5
----	---------------	---

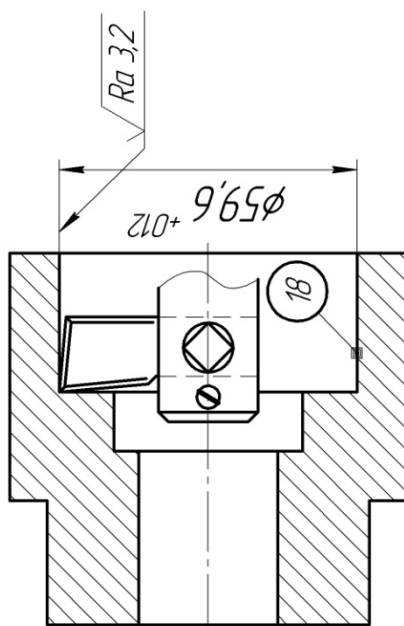
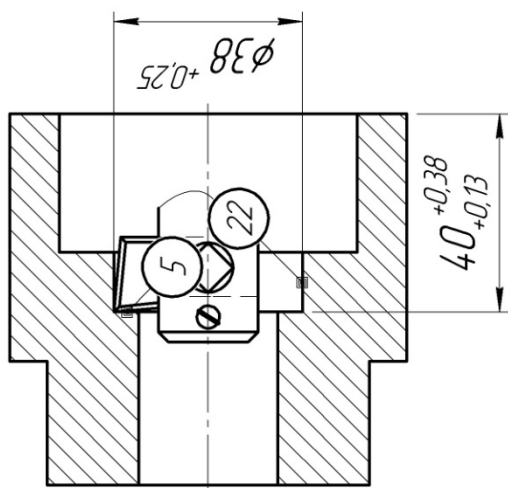
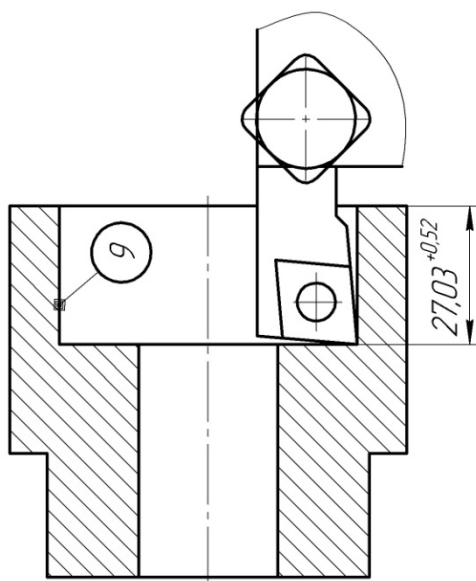
[illegible][illegible]

ПР-2

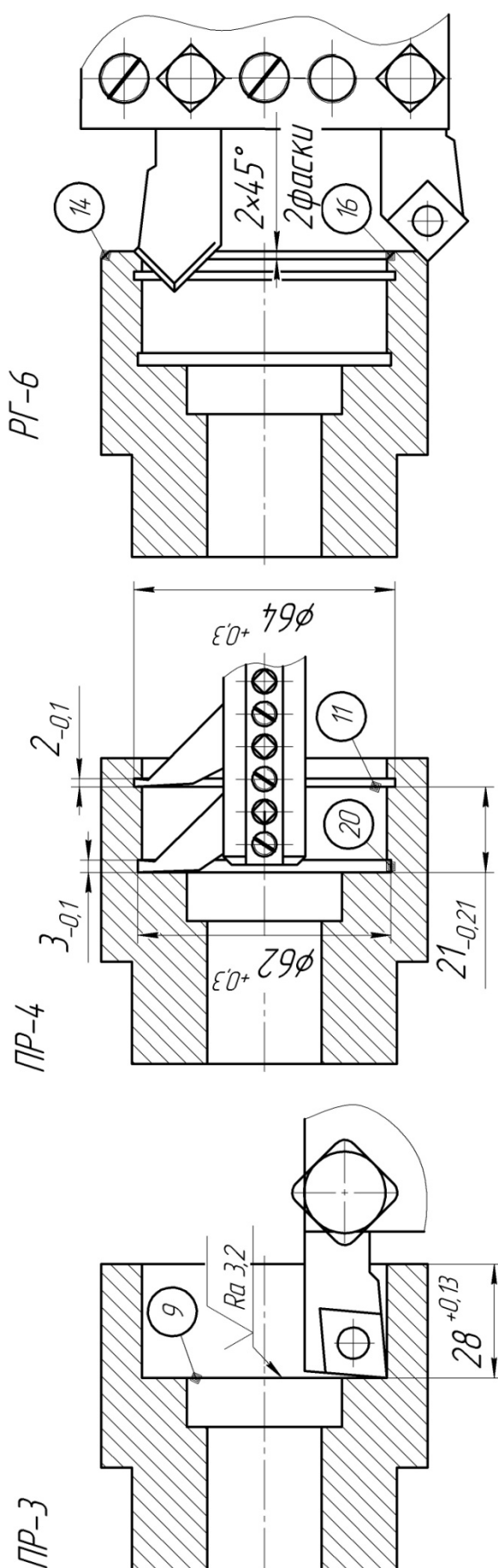
7-1d

PI-5

Ra6,3 (✓)



КЭ	Карта эскизов	6
----	---------------	---

[illegible][illegible] $\sqrt{Ra_{6,3}(\checkmark)}$ 

КЭ	Карта эскизов	7
----	---------------	---

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П.3.1

Коэффициент (K_p) для определения ориентировочной расчетной
массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3–1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1–1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5–1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3–1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4–1,6
3	Комбинированной (сочетающей элементы групп 1 и 2) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3–1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1–1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8–2,2

Таблица П.3.2

Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы:					
открытая (облойная) штамповка				+	+
закрытая штамповка		+	+		
выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				
Примечания 1. Прецизионная штамповка – способ штамповки, обеспечивающий устанавливаемую точность и шероховатость одной или нескольких функциональных поверхностей поковки, которые не подвергаются окончательной обработке. 2. При пламенном нагреве заготовок допускается снижение точности для классов T2-T4 на один класс. 3. При холодной или горячей плоскостной калибровке точность принимается на один класс выше.					

Таблица П.3.3

Выбор степени сложности поковок

Степень сложности	Отношение $G_{\text{п}}/G_{\text{ф}}$
C1	св. 0,63
C2	св. 0,32 до 0,63 включ.
C3	св. 0,16 до 0,32 включ.
C4	до 0,16

Таблица П.3.4

Выбор группы стали

Группа стали	Характеристика
M1	Сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно
M2	Сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0 % включительно
M3	Сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	Σ1	Σ2	Σ3	У1	У2	У3	У4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	
До 0,5 включ.													1
Св 0,5 до 1,0													2
" 1,0" до "1,8"													3
" 1,8" до "3,2"													4
" 3,2" до "5,6"													5
" 5,6" до "10,0"													6
" 10,0" до "20,0"													7
" 20,0" до "50,0"													8
" 50,0" до "125,0"													9
" 125,0" до "250,0"													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

Основные припуски на механическую обработку (на сторону)

Исходный индекс		Толщина детали, мм																															
		до 25		25–40		40–63		63–100		100–160		160–250		св. 250																			
		Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм																															
до 40		40–100				100–160				160–250				250–400				400–630				630–1000				1000–1600				1600–2500			
100	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25	100	10	1,25		
12,5	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6	12,5	1,6	1,6		
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,8	1,0	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	-	-	-	-	-	-		
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,9	-	-	-	-	-	-		
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5		
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3		
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5		
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8		
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1		
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,7		
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,8	4,1	4,7	5,1		
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	4,1	4,7	5,1	5,6		
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	4,7	5,1	5,6	6,2		
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8		
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5		
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,1		
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7		
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	7,5	8,1	8,7	10,0		
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	8,1	8,7	10,0	10,0		
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	8,7	10,0	10,0	10,0		
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	10,0	10,0	10,0	10,0		
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		

Таблица П.3.7

Смещение по поверхности разъема штампа

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности, мм											
	Плоская поверхность разъема											
	T1	T2	T3	T4	T5							
			Симметрично изогнутая поверхность разъ- ема									
			T1	T2	T3	T4	T5					
			Несимметрично изогнутая поверхность разъема									
			T1	T2	T3	T4	T5					
До 0,5 включ.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3				
Св.0,5 до1,0				0,2		0,3						
Св.1,0 до1,8			0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6			
Св.1,8 до3,2	0,3	0,4								0,5	0,6	0,7
Св.3,2 до 5,6												
Св.5,6 до 10,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9							
Св.10,0 до20,0						0,4	0,5	0,6	0,7	0,9		
Св.20,0 до 50,0											0,4	0,5
Св.50,0"125,0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9							
Св.125,0 до 250,0						0,4	0,5	0,6	0,7	0,9		

Таблица П.3.8

Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности

Наибольший размер поковки, мм	Припуски для классов точности, мм				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св. 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
Св. 160 до 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Св. 250 до 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св. 400 до 630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св. 630 до 1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Св. 1000 до 1600	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
Св. 1600 до 2500	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблица П.3.9

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм																	
	до 40		40–63		63–100		100–160		160–250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм																	
	до 40		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		63–1000		1000–1600		1600–2500	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10,0 -6,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П.4.1

Точность и качество цилиндрических и торцовых поверхностей

Метод и вид обработки	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Достижимая точность (квалитет IT)
1	2	3
Наружные цилиндрические поверхности		
Обтачивание (точение):		
черновое	50–6,3	14–12
получистовое или однократное	25–1,6	13–11
чистовое	6,3–0,4	11–10
Обтачивание тонкое	1,6–0,2	9–7
Шлифование:		
предварительное	6,3–0,4	9–8
чистовое	3,2–0,2	7–6
тонкое	1,6–0,1	6–5
Отверстия (внутренние цилиндрические поверхности)		
Растачивание:		
черновое	25–1,6	14–12
чистовое	6,3–0,4	11–10
Растачивание тонкое	3,2–1,6	9–8
Сверление и рассверливание	25–8	12
Зенкерование:		
черновое	25–6,3	13–12
однократное литого или прошитого		
отверстия	25–6,3	13–12
чистовое после		
чернового или		
сверления	6,3–0,4	11–10
Развертывание:		
точное	6,3–0,4	9–8
тонкое	3,2–0,1	7–5
Шлифование:		
предварительное	6,3–0,4	9–8
чистовое	3,2–0,2	7–6
тонкое	1,6–0,1	5

Окончание табл. П.4.1

1	2	3
Торцовые поверхности		
Подрезание резцом на токарных станках:		
а) заготовки из проката:		
черновое	12,5	12
чистовое	6,3	11
б) штампованные заготовки:		
черновое		
чистовое	6,3	14–12
Шлифование на кругло- и торцешлифовальных станках:	3,2	11–10
однократное	1,25–1,6	8

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П.5.1

Значения допусков, мкм

Интервалы диаметров, мм	Квалитет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
Св. 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
Св. 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
Св. 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
Св. 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
Св. 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
Св. 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
Св. 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
Св. 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
Св. 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
Св. 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
Св. 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
Св. 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

Таблица П.5.2

Операционные припуски на обтачивание, мм

Интервалы диаметров	Черновое обтачивание термически обработанных и необработанных материалов		Чистовое обтачивание			
			термически необработанных материалов		термически обработанных материалов	
	длина					
	до 200	св.200 до400	до 200	св.200 до400	до 200	св.200 до400
	припуск на диаметр					
От 3 до 6	-	-	0,5	-	0,8	-
6...10	1,5	1,7	0,8	1,0	1,0	1,3
10...18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5
18...30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5
30...50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9
50...80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0
80...120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0
120...180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3
180...260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5
260...360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5

Примечание. При обтачивании заготовок с уступами припуск назначается в зависимости от общей длины детали и наибольшего диаметра.

Таблица П.5.3

Операционные припуски на зенкерование, растачивание и развертывание отверстий на диаметр, мм

Интервалы диаметров	После сверления				После зенкерования		Чистовое развертывание после черного
	Зенкерование однократное	Растачивание черновое или однократное	Чистовое растачивание	Развертывание черновое или однократное	Развертывание однократное	черновое развертывание	
От 3 до 6	-	-	-	0,15	-	0,15	0,05
6...10	-	-	-	0,2	0,2	0,2	0,1
10...18	0,8	0,8	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1
18...30	1,2	1,2	0,8	0,3	0,3	0,2	0,1
30...50	1,5	1,5	1,0	-	-	-	-
50...80	-	2,0	1,0	-	-	-	-
80...120	-	2,0	1,3	-	-	-	-
120...180	-	2,0	1,5	-	-	-	-

Таблица П.5.4

Операционные припуски на внутреннее шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончательное шлифование термически обработанных и необработанных деталей	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
	Припуск на диаметр				
6...10	0,2	-	-	-	-
10...18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
18...30	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
30...50	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
50...80	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
120...180	0,5	0,3	0,2	0,5	0,5

Таблица П.5.5

Операционные припуски на наружное шлифование, мм

Интервалы диаметров	Вариант 1	Вариант 2		Вариант 3	
	Окончательное шлифование термически обработанных деталей	Шлифование после термообработки		Черновое шлифование до термообработки	Чистовое шлифование после термообработки
		черновое	чистовое		
	Припуск на диаметр				
От 3 до 6	0,2	0,15	0,05	-	-
6...10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
10...18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3
18...30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4
30...50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4
50...80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
80...120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5
120...180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
180...260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8
260...360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8

Таблица П.5.6

Операционные припуски на фрезерование плоскостей, мм

Толщина	Черновое фрезерование после грубого						Чистовое фрезерование после черного					
	Ширина до 200 мм			Ширина свыше 200 до 400 мм			Ширина до 200 мм			Ширина свыше 200 до 400 мм		
	Припуск на толщину при длине											
	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260	до 100	св. 100	св. 260
		до 260	до 400		до 260	до 400		до 260	до 400		до 260	до 400
	Припуск на толщину											
6...30	1,0	1,2	1,5	1,2	1,5	1,7	1,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30...50	1,0	1,5	1,7	1,5	1,5	2,0	1,0	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2
50...	1,5	1,7	2,0	1,7	2,0	2,5	1,0	1,3	1,5	1,3	1,5	1,5

Таблица П.5.7

Минимальные припуски на сторону под различные переходы
обработки торцовых поверхностей, мм

Диаметр, мм	Под чистое протачивание после черного- го протачива- ния	Под шлифование после чистового протачивания чугунных и стальных сырых и закаленных по- верхностей	Под черное протачи- вание заготовок	
			Горячая штамповка	Чугунное литье
До 50	0,35	0,20	0,9	1,2
50...120	0,45	0,25	1,3	1,6
120...260	0,55	0,30	1,8	2,3
260...500	0,65	0,35	2,1	2,7
Св. 500	0,75	0,40	2,4	3,0

Таблица П.5.8

Припуски на тонкое растачивание, мм

Окончательный диаметр обработки		Припуск на диаметр при растачивании							
		алюминия		баббита		бронзы и чугуна		стали	
свыше	до	предвари- тельным	оконча- тельным	предвари- тельным	оконча- тельным	предвари- тельным	оконча- тельным	предвари- тельным	оконча- тельным
-	30	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
30	50	0,3	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
50	80	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1
80	120	0,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
120	180	0,5	0,1	0,6	0,1	0,4	0,1	0,3	0,1

Таблица П.5.9

Припуски на шлифование плоскостей, мм

Толщина	Вариант 1			Вариант 2										
	Окончательное шлифование терми- чески обработанных и необработанных деталей			Шлифование после термообработки										
				черновое			чистовое							
	Ширина до 200	Ширина свыше 200 до 400		Ширина до 200	Ширина свыше 200 до 400		Ширина до 200	Ширина свыше 200 до 400						
	Припуск на толщину при длине													
	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400					
	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400	до 100	св. 100 до 250	св. 250 до 400					
6...30	0,3	-	0,3	-	-	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	-	0,1	-	-
30...50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
50...	0,5	-	0,5	-	-	0,3	-	-	-	0,2	-	0,2	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ТОЧЕНИЕ

Таблица П.6.1

Выбор материала режущей части резца

Марка твердого сплава	Характер обработки
T5K10	Черновые и обдирочные работы с переменной нагрузкой
T15K6	Черновые и получистовые работы с постоянной глубиной резания и спокойной нагрузкой
T30K4	Чистовые и отделочные работы

Таблица П.6.2

Подачи при точении, мм/об

Требования к шероховатости поверхности, мкм		Радиус при вершине резца, мм					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
Ra	Rz	Подачи, мм/об					
0,63	2,5	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	5	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	10	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
5	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
10	40	0,37	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
25	100	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примечание. Поддачи даны для сталей с пределом прочности $\sigma_b = 700 \div 900$ МПа. Для сталей с $\sigma_b = 500 \div 700$ МПа значения подач умножить на коэффициент $K_S = 0,45$, а при $\sigma_b = 900 \div 1100$ МПа – на коэффициент $K_S = 1,25 \cdot \sigma_b$.

Марка стали	Предел прочности σ_b , МПа
20	420
30	500
40	580
50	640
60	690

Таблица П.6.3

Подачи, мм/об, при прорезании пазов и отрезке на токарно-револьверных станках

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Подача, мм/об
До 20	3	0,06–0,08
Св. 20 до 40	3–4	0,1–0,12
Св. 40 до 60	4–5	0,13–0,16
Св. 60 до 100	5–8	0,16–0,23
Св. 100 до 150	6–10	0,18–0,26
Св. 150	10–15	0,28–0,36

Таблица П.6.4

Скорость резания при наружной продольной обточке углеродистой стали резцами, оснащенными твердым сплавом Т15К6, без охлаждения

Подача S , мм/об	Получистовая обточка			
	Глубина резания t , мм			
	0,5	1,0	1,5	2,0
	Скорость резания $V_{\text{ТАБЛ}}$, м/мин			
0,10	294	270	248	-
0,15	274	247	231	220
0,20	258	234	216	207
0,25	-	223	206	198
0,30	-	216	200	191
0,40	-	-	180	171
0,60	-	-	-	149

Подача S , мм/об	Грубая (черновая) обточка			
	Глубина резания t , мм			
	3	4	6	8
	Скорость резания $V_{\text{ТАБЛ}}$, м/мин			
0,3	177	169	-	-
0,4	159	152	141	134
0,5	146	141	130	123
0,7	132	125	115	11
1,0	117	112	103	99

Таблица П.6.5

K_T – коэффициент, зависящий от периода стойкости

Период стойкости, мин				
30	60	90	120	150
1,24	1,08	1,0	0,94	0,9

Таблица П.6.6

K_M – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Предел прочности σ_b , МПа	K_M при обработке твердым сплавом
Углеродистая сталь с содержанием углерода $C \leq 0,6$	500–600	1,6
	600–700	1,25
	700–800	1,0
	800–900	0,84

Таблица П.6.7

 K_C – коэффициент, зависящий от состояния металла

Состояние металла		
Холоднотянутый	Горячекатаный, нормализованный	Отожженный
1,10	1,0	0,9

Таблица П.6.8

 K_I – коэффициент, зависящий от материала режущей части инструмента

Твердый сплав	T5K10	T15K6	T30K4
Коэффициент	0,65	1,0	1,5

Таблица П.6.9

 K_b – коэффициент, зависящий от наличия корки или окалина

Стальные поковки и литье	
Отсутствует корка или окалина	При наличии корки или окалины
1,0	0,9

Таблица П.6.10

 K_q – коэффициент, зависящий от поперечного сечения резца

Размер сечения державки резца, мм				
Ø12	12x12 Ø16	16x16 Ø 16	16x25 Ø 20,25	20x30 Ø 30
0,87	0,9	0,93	0,99	1,0

Таблица П.6.11

 K_ϕ – коэффициент, зависящий от главного угла в плане

Главный угол в плане ϕ°				
Подача $S \geq 0,25$	30	45	60	90
	1,13	1,0	0,92	0,81

Таблица П.6.12

 $K_{\phi 1}$ – коэффициент, зависящий от вспомогательного угла в плане

Вспомогательный угол в плане ϕ_1°				
10	15	20	30	45
1,03	1,0	0,97	0,94	0,90

Таблица П.6.13

 K_D – коэффициент, зависящий от вида работ

Продольное точение		Растачивание отверстий		
		диаметром до 75 мм		75–150 мм
1,0		0,8		0,9
Угол между торцом и режущей кромкой резца	Поперечное точение (подрезка торцов)			
	Отношение $\frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{\max}}$			
	0,2	0,6	0,8	1,0
	Поправочный коэффициент K_D			
	90°	0,65	0,68	0,71
45°	0,78	0,80	0,84	1,04

Таблица П.6.14

Сила резания $P_{z \text{ табл}}$

Обрабатываемый материал		Значение $P_{z \text{ табл}}$, кН, при $t=1$ мм и подаче S , мм/об											
Вид	НВ	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Констр. стали	До200	0,22	0,26	0,30	0,36	0,44	0,53	0,7	0,88	1,05	1,25	1,50	1,75
	230	0,23	0,27	0,32	0,38	0,46	0,56	0,74	0,92	1,1	1,3	1,55	1,85
	270	0,24	0,28	0,33	0,40	0,48	0,59	0,78	0,87	1,15	1,35	1,65	1,95
	300	0,26	0,30	0,36	0,43	0,51	0,63	0,83	1,05	1,25	1,45	1,75	2,05

СВЕРЛЕНИЕ

Таблица П.6.15

Обработка стальных деталей на сверлильных станках

Содержание обработки	Группа подачи	Значение S_0 , мм/об, при диаметре обработки D в мм											
		4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	60	100
Сверление	I	0,07	0,11	0,15	0,2	0,25	0,28	0,32	0,4	0,45	-	-	-
	II	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18	0,23	0,26	0,3	0,35	-	-	-
	III	0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,2	0,22	0,25	-	-	-
	IV	0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16	0,17	0,2	-	-	-
Зенкерование цилиндрических отверстий	I	-	-	0,35	0,4	0,45	0,5	0,65	0,7	0,75	0,9	1,1	1,6
	II	-	-	0,28	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	0,9	1,1
	III	-	-	0,2	0,22	0,25	0,3	0,4	0,4	0,5	0,55	0,7	0,95
	IV	-	-	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	0,22	0,25	0,28	0,35	0,45
Развертывание цилиндрических отверстий	I	-	-	0,5	0,6	0,75	0,9	1,0	1,1	1,35	1,5	2,4	3,0
	II	-	-	0,4	0,45	0,5	0,6	0,75	0,8	1,0	1,1	1,8	2,3
	III	-	-	0,35	0,4	0,45	0,55	0,65	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Зенкерование конических отверстий	-	-	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,2	0,23	0,26	0,3
Развертывание конических отверстий	-	-	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,3	0,45
Цекование	-	-	-	-	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	-
Снятие фасок сверлом, зенкером, зенковкой	-	0,05	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22	0,24	-	-	-

Таблица П.6.16

Группа подачи при сверлении

Диаметр сверла, мм	Рекомендуемая группа подачи S_0 для обеспечения стойкости сверл T_p в мин									
	20	30	40	50	90	120	150	180	210	240
4–10	I	II		III		IV				
10–15	I		II		III		IV			
16–20	I			II		III		IV		
20–32	I				II		III		IV	

Таблица П.6.17

Скорость резания $V_{\text{табл.}}$

Группа подачи	Значение $V_{\text{табл.}}$, м/мин				
	при сверлении спиральными сверлами с соотношением глу- бины сверления к диаметру			при зенкерова- нии	при зенкова- нии, цекова- нии, центро- вании
	До 3	3-5	5-8		
I	17	16	15	21	24
II	18	17	16	22	
III	19	18	17	24	
IV	20	19	18	27	

Таблица П.6.18

Коэффициент K_1

Марка стали	Значение K_1 при обработке сталей твердостью НВ			
	128–174	179–229	229–269	277–321
10,15,20,25	1,2	1,1	-	-
30,35,40,45,50	1,05	1,0	0,85	0,7
60,65,70	-	0,85	0,75	0,6

Таблица П.6.19

Коэффициент K_2

Отношение подач принятой и реко- мендуемой табл. 14	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Значение K_2	0,95	1	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6

Таблица П.6.20

Содержание обработки	Коэффициент K_3 Значение K_3 при обработке инструментом со стойкостью T_p в мин										
	10	20	30	40	50	90	120	150	180	210	240
Зенкерование, цекование, зенкование, центрование	1,5	1,35	1,25	1,2	1,1	1	0,95	0,9	0,8	0,75	0,7
Сверление	$K_3=1$ При необходимости форсирования режимов сверления в целях повышения производительности скорость резания V можно увеличить на 15–25 %, при этом стойкость понизится в 2–2,5 раза										

Таблица П.6.21

Диаметр отверстия, мм	Мощность резания $N_{p,табл}$ при сверлении Значение $N_{p,табл}$, кВт, при подаче S_o в мм/об									
	0,06	0,1	0,14	0,16	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
3	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0,07	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0,17	0,26	0,30	0,38	-	-	-	-	-	-
8	0,26	0,42	0,54	0,62	0,72	-	-	-	-	-
10	0,42	0,66	0,84	0,96	1,13	-	-	-	-	-
12	0,60	0,96	1,20	1,44	1,68	2,28	-	-	-	-
16	1,00	1,54	1,98	2,31	2,64	3,74	4,73	-	-	-
20	1,54	2,42	3,08	3,52	4,18	5,83	7,37	8,80	-	-
25	2,20	3,50	4,40	5,00	5,90	8,30	10,5	12,4	14,4	-
32	3,60	5,70	7,40	8,20	9,90	13,50	17,20	20,50	24	30
40	-	8,6	11,0	12,5	15,0	20,0	26,0	-	-	-
50	-	13,0	17,0	19,0	22,0	30,0	41,0	-	-	-
60	-	18,0	24,0	27,0	27,0	43,0	58,0	-	-	-

Таблица П.6.22

Коэффициент K_N (для конструкционных сталей)	
Твердость НВ, не более	Значение K_N
200	0,95
230	1,0
270	1,05
300	1,12

ФРЕЗЕРОВАНИЕ

Таблица П.6.23

Обработка конструкционной стали торцовыми и дисковыми фрезами

Твердость стали	Значение S_z , мм/зуб, при обработке фрезами				
	торцовыми твердосплав- ными		дисковыми твердосплавными и быст- рорежущими		
			плоскостей и уступов		пазов
	черновая обработка при $t = 2-6$ мм	чистовая обработка при $t = 2$ мм	черновая обработка при $t = 2-6$ мм	чистовая обработка при $t = 2$ мм	
До 230	0,12–0,25	0,1–0,2	0,1–0,2	0,1–0,15	0,07–0,12
230–280	0,1–0,22		0,08–0,18		0,06–0,1
280–320	0,1–0,2		0,08–0,15		0,05–0,08

Примечания: 1. Большие значения подач применять при жесткой технологической системе, меньшие – при ее пониженной жесткости.
2. Меньшие значения подач применять при прорезывании глубоких пазов и при работе фрезами небольших размеров.

Таблица П.6.24

Коэффициент K_1

Марка де- тали	Значение K_1 при обработке инструментом							
	из твердого сплава				из быстрорежущего материала			
	при твердости обрабатываемого материала НВ							
	128– 174	179– 229	229– 269	277– 321	128– 174	179– 229	229– 269	277– 321
10, 15, 20, 25	1,25	1,15	-	-	1,2	1,1	-	-
30, 35, 40, 45, 50	1,15	1,0	0,9	0,85	1,05	1,0	0,85	0,7
60, 65, 70, 60Г, 70Г	-	1,0	0,85	0,85	-	0,85	0,75	0,6

Таблица П.6.25

Скорость резания $V_{\text{табл}}$

Тип фрезы	Материал инструмента	Глубина резания t , мм	Ширина резания B , мм	Значение $V_{\text{табл}}$, м/мин, при подаче S_z в мм/зуб						
				до 0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3
Торцовая	Твердый сплав	1	-	-	180	165	145	135	125	115
		3	-	-	160	145	130	120	110	100
		6	-	-	150	135	125	110	105	95
Дисковая (плоскости)	Твердый сплав	1	-	-	135	125	110	100	95	85
		3	-	-	120	110	100	90	85	75
		6	-	-	115	105	92	84	78	70
Дисковая (пазы)	Твердый сплав	-	3	140	120	110	100	90	-	-
		-	5	135	115	105	95	85	-	-
		-	10	125	105	97	90	80	-	-
		-	20	115	100	90	83	74	-	-
		-	3	52	42	37	32	28	20	-
		-	5	50	40	36	31	27	25	-
	Быстрорежущая сталь	-	10	46	37	33	28	25	23	-
		-	20	42	34	30	26	23	21	-
		-	-	105	94	84	77	72	-	-
		-	44	42	37	32	28	26	-	-
Концевая (плоскости, уступы,)	Твердый сплав	1	-	57	46	41	35	-	-	-
	Быстрорежущая сталь	3	-	53	43	38	32	-	-	-
Концевая (пазы)	Быстрорежущая сталь	d/2	-	47	38	34	29	-	-	-
		d	-	39	32	28	24	-	-	-

Таблица П.6.26

Коэффициент K_2

Инструментальный материал	Значение K_2	Инструментальный материал	Значение K_2
Быстрорежущая сталь: базовая P6M5, P18	1,0	Твердый сплав:	
легированная кобаль- том P6M5K5	1,2		
с износостойким по- крытием задних по- верхностей		T14K8, TT20K9	1
базовая P6M5, P18	1,2	T15K6	1,15
легированная кобаль- том P6M5K5	1,4	T5K10	0,8
		TT7K12	0,65

Таблица П.6.27

Коэффициент K_3

Инструментальный материал	Значение K_3 при стойкости, мин					
	до 10	15	30	45	60	90
Твердые сплавы при K_1						
1,5–1,2	1,55	1,25	1	0,87	0,8	0,7
1,1–0,85	1,4	1,2	1	0,9	0,85	0,75
0,8–0,55	1,3	1,15	1	0,92	0,87	0,8
Быстрорежущие стали	1,0	0,85	0,7	0,65	0,6	0,55

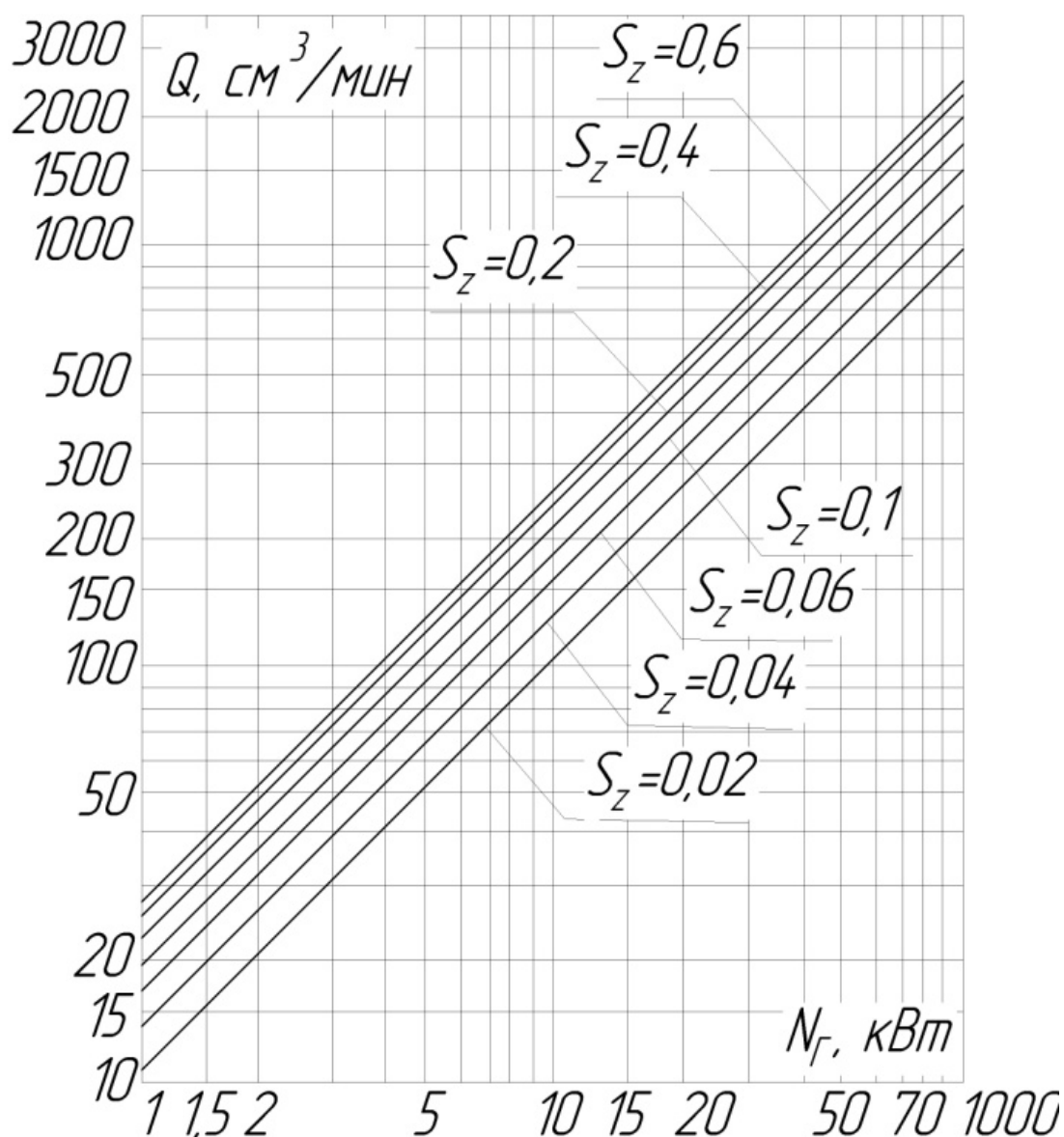


Рис. П.6.1. Мощность резания N_T

ШЛИФОВАНИЕ

Таблица П.6.28

Скорость вращения детали V_d

Скорость вращения круга, м/с	Значение V_d , м/мин, при диаметре шлифования D в мм			
	10–30	30–80	80–180	Св. 180
30–50	40–70	50–80	60–100	80–120
50–80	50–80	60–90	80–120	100–140

Примечание. В указанном диапазоне скоростей вращения детали максимальное значение V_d соответствует максимальной скорости круга $V_{кр}$ и максимальному диаметру отверстия D при обработке закаленных и труднообрабатываемых сталей.

Таблица П.6.29

Характеристики шлифовального круга

Обрабатываемый материал	Материал зерна при Ra 0,63–2,5 мкм и δ=5–8 квал.	Зернистость		Твердость		Структура при Ra 0,63–2,5 мкм и δ=5–8 квал.	Связка при Ra 0,63–2,5 мкм и δ=5–8 квал.
		При Ra 0,63мкм и δ=5–6 квал.	при Ra 1,25–2,5 мкм и δ =5–6 квал.	При Ra 0,63 мкм и δ=5–6 квал.	при Ra 1,25–2,5 мкм и δ=5–6 квал.		
Сталь: незакаленная	14A, 15A,24A 24A, 25A,91A	25–16	40–25	CM2-C2 CM1-CM2		6–7	К
Чугун: серый	53C, 54C, 14A, 91A 54C, 14A			CM1-CM2		CM2-C1 CM1-CM2	
				высокопрочный			

Таблица П.6.30

Поперечная подача $S_{p, \text{табл}}$ на двойной ход стола

Подача s_o , мм/об	Значение $S_{p, \text{табл}}$, мм/дв.ход, при диаметре отверстия D , мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
5	0,0035	0,004	0,0045	0,005								
6	0,003	0,0035	0,004	0,0045	0,0055	0,0065						
8	0,0025	0,003	0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065	0,008				
11				0,0035	0,0045	0,005	0,006	0,007	0,008			
15				0,003	0,004	0,0045	0,0055	0,006	0,007	0,0085	0,01	
20					0,003	0,004	0,0045	0,0055	0,006	0,0075	0,0085	0,01
25						0,0035	0,004	0,0045	0,0055	0,0065	0,0075	0,0085
30							0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065	0,0075
40								0,0035	0,004	0,005	0,0055	0,0065

Таблица П.6.31

Высота шлифовального круга для обработки отверстий

Длина отверстия $L_{ш}$, мм	10	12	16	20	25	32	40	50	60	80
Высота круга T , мм	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63

Таблица П.6.32

Коэффициент K_1

Скорость круга $V_{кр}$, м/с	Значение K_1 при обработке стали	
	незакаленной	закаленной
30	0,9	0,8
40	1,1	1,0
50	1,3	1,2
60	1,4	1,3
80	1,6	1,5

Таблица П.6.33

Коэффициент K_2

Точность обработки δ , квалитет	Шероховатость поверхности R_a , мкм	Значение K_2 при шлифовании сквозных отверстий с припуском на обработку в мм				Значение K_2 при шлифовании глухих отверстий
		0,07	0,15	0,25	0,35	
7–8	1,25–2,5	0,8	1,0	1,2	1,4	0,7
5–6	0,63	0,6	0,8	1,0	1,2	0,5

Таблица П.6.34

Продольная подача круга $s_0 = s_d \cdot T$, мм/об, для обработки отверстий

$L_{ш}$, мм	s_d при d , мм											
	16	20	25	32	40	50	60	80	100	120	160	200
10	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9				
12	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9			
16	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9		
20	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	
25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
32	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85
40		0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
50			0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
60				0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
80					0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Нормативы вспомогательного времени

Содержание работы: взять деталь, установить и закрепить;
открепить деталь, снять и отложить.

Таблица П.7.1

Нормативы времени на установку и снятие детали вручную, мин.
(патроны самоцентрирующие)

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В бесключевом патроне	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,13		
В самоцентрирующем патроне с креплением:								
пневматическим зажимом	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,22
ключом	—	0,15	0,17	0,23	0,27	0,3	0,4	0,5
Подвести и отвести центр задней бабки, закрепить и открепить пиноль рукояткой:								
пневматически	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
рычагом	—	—	—	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
маховиком	—	—	—	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07

Таблица П.7.2

Вспомогательное время на установку и снятие прутка в цанговом патроне, мин

Способ установки и крепления прутка	Диаметр прутка (мм) до					
	12	20	30	40	50	60
Взять прутки и вставить в трубу	0,2	0,24	0,3	0,44	0,6	0,9
Заправить прутки в патрон, установить в размер на подрезку, проверить регулировку зажима и закрепить:						
пневматическим зажимом	0,11	0,18	0,28	0,38	0,47	0,52
рукояткой рычага	0,12	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55
Разжать патрон для освобождения остатка прутка:						
пневматическим зажимом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
рукояткой рычага	0,025	0,028	0,03	0,036	0,04	0,05
Вынуть остаток прутка из патрона и отложить	0,015	0,018	0,02	0,025	0,03	0,04

Содержание работы: взять деталь (оправку с деталями), установить в центрах, закрепить центром задней бабки; отвести центр задней бабки, снять деталь (оправку с деталями) и отложить.

Таблица П.7.3

Вспомогательное время на установку детали в центрах и снятие её
(вручную), мин

Способ подвода центра задней бабки и крепления пиноли	Масса детали (оправка с деталями), кг						
	0,5	1	3	5	8	12	20
Рукояткой пневматического зажима	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13	0,16	0,21
Отводной пружинной рукояткой с креплением пиноли рукояткой	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,23
Заккрыть, открыть, закрепить и открепить крышку люнета закрытого типа	–	–	–	0,09	0,01	0,11	0,13

Содержание работы: взять деталь, установить, закрепить;
открепить деталь, снять, отложить.

Таблица П.7.4

Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин
(различные приспособления)

Способ установки и крепления детали	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
В цанговом патроне с креплением пневмозажимом рукояткой рычага	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19	0,24
	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,17	0,2	0,25
На гладкой оправке без крепления	0,06	0,08	0,08	0,12	0,15	0,20	–	–
На гладкой оправке с креплением гайкой с быстросъёмной шайбой	0,11	0,13	0,15	0,20	0,26	0,32	0,39	0,47
На резьбовой оправке	0,1	0,12	0,13	0,19	0,25	–	–	–
Установка детали по зубу долбяка, фрезы с подводом инструмента	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Установка на оправке каждой последующей детали	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	–	–
Установить и снять быстросъёмную шайбу	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Установка в тисках с креплением: пневмозажимом эксцентриковым зажимом	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,17
	0,06	–	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18
Установка в тисках каждой последующей детали	0,03	–	0,04	0,05	0,06	–	–	–

Таблица П.7.5

Вспомогательное время на установку детали вручную в специальных приспособлениях и на ее снятие, мин

Установочные плоскости, элементы приспособления и его тип	Масса детали (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установка на горизонтальные плоскость или призму в приспособлении: открытом – первая деталь тоже – каждая последующая деталь	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13
	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,11
	В закрытом приспособлении	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11
Установка на горизонтальную плоскость с упором или призму, расположенную вертикально в приспособлении: открытом – первая деталь то же – каждая последующая деталь	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14
	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11
	закрытом	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,12
Установка на горизонтальную плоскость и палец гладкий или вертикальную плоскость с упором в приспособлении: открытом – первая деталь то же – каждая последующая деталь	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	0,15
	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12
	закрытом	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,13
Установка в отверстие или гнездо в горизонтальной плоскости; на палец гладкий и вертикальную плоскость в приспособлении: открытом – первая деталь то же – последующие	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,13	0,17
	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,1	0,14
	закрытом	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	–

Окончание табл. П.7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Установка на горизонтальную плоскость и два пальца или в отверстие и на вертикальную плоскость в приспособлении:								
открытом – первая деталь	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,14	0,15
то же – последующие	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12
закрытом	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,16	0,17
Установка на палец шлицевый в горизонтальной плоскости или на два пальца и вертикальную плоскость в приспособлении:								
открытом – первая деталь	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2
то же – последующие	0,04	0,04	0,05	0,06	0,8	0,1	0,13	0,16
закрытом	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,17	0,22
Установка по горизонтальному пазу или на палец шлицевый в вертикальной плоскости в приспособлении:								
открытом – первая деталь	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14
то же – последующие	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11
закрытом	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,1	–	–
Установка на призму и палец горизонтально в открытом приспособлении:								
первая деталь	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,11	0,13	0,17
каждая последующая	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14
Установка на призму и в паз горизонтально в открытом приспособлении:								
первая деталь	0,04	0,05	0,05	0,07	0,08	0,1	0,12	0,16
каждая последующая	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13

Таблица П.7.6

Вспомогательное время на приёмы управления станками

Содержание приема управления	Время, мин
Включить или выключить станок или его узлы:	
кнопкой	0,01
рычагом	0,02
Повернуть резцовую головку на следующую позицию	0,04
Повернуть револьверную головку на следующую позицию	0,015
Установить и снять инструмент в быстросъёмном патроне:	
при диаметре инструмента до 15 мм	0,035
то же	
до 25 мм	0,04
до 30 мм	0,06
свыше 30 мм	0,08
Поставить кондукторную втулку и снять:	
при внутреннем диаметре втулки до 20 мм	0,05
при внутреннем диаметре втулки до 40 мм	0,06
то же, свыше 40 мм	0,07
Включить движение ползуна протяжки кнопкой	0,01
Установить и закрепить протяжку в патроне	0,08
Открепить протяжку рукояткой патрона	0,02
Очистить протяжку от стружки	0,05
Подвести или отвести стол	0,04
Свести плашки резбонарезной головки рычагом	0,02
Разжать бруски хонинговальной головки:	
вручную	0,03
гидравлической подачей	0,02
Сжать бруски хонинговальной головки:	
вручную	0,025
гидравлической подачей	0,015
Закрепить или открепить каретку	0,02
Повернуть стол из одной позиции в другую	0,05
Подвести или отвести инструмент к детали или от неё:	
резец, револьверную головку	0,02
сверло, зенкер, развёртку, метчик	0,01
фрезу к заготовке по вертикали и горизонтали	0,04
заготовку к фрезе в поперечном и продольном направлениях	0,04
Подвести или отвести инструмент к детали или от неё:	
хонинговальную головку	0,01
долбяк в вертикальном направлении	0,06
заготовка к шеверу	0,04
шлифовальный круг в вертикальном направлении	0,04
шлифовальный круг в поперечном и продольном направлениях	0,02
шлифовальный круг для торцового шлифования	0,03

Таблица П.7.7

Вспомогательное время на приёмы управления станками, связанные с перемещением рабочих органов станков, мин

Тип станка	Содержание приёма	Длина перемещения (мм) до					
		50	100	200	300	400	500
Токарно-центровой операционный и токарно-многоцелевой	Переместить каретку суппорта в продольном направлении:						
	наибольший диаметр обработки 400	–	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14
	то же 600	–	0,05	0,08	0,11	0,13	0,16
Расточные	Переместить шпиндель в исходное положение	0,03	0,05	0,09	0,12	0,15	0,18
Револьверные с вертикальной осью вращения	Переместить каретку суппорта в продольном направлении	–	0,05	0,08	0,09	–	–
	Переместить суппорт в продольном направлении	0,05	0,08	–	–	–	–
	Переместить револьверную головку	–	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Сверлильный	Переместить шпиндель в вертикальном направлении	–	0,01	0,015	0,02	0,03	–
Горизонтально-и вертикально-фрезерные	Переместить стол в продольном или поперечном направлении при длине стола до:						
	750 мм	–	0,04	0,07	0,11	0,13	0,16
	1250 мм	–	0,05	0,09	0,14	0,16	0,19
	1800 мм	–	0,06	0,11	0,15	0,18	0,21
Зубофрезерный	Переместить фрезерную головку в горизонтальном направлении:						
	наибольший модуль:						
	12 мм	0,1	0,19	0,36	–	–	–
	свыше 12 мм	0,15	0,28	0,52	–	–	–
	Переместить фрезерную головку в вертикальном направлении:						
	наибольший модуль						
	12 мм	0,1	0,18	0,34	–	–	–
	свыше 12 мм	0,15	0,27	0,50	–	–	–

Таблица П.7.8

Вспомогательное время на измерение калибрами-пробками и
кольцами

Измерительный инструмент	Точность измерения, квалитет	Измеряемый размер (мм) до	Время, мин
Калибр-пробка гладкая двусто- ронняя (полный промер)	7	10...25	0,11
		50	0,13
		75	0,15
	8,9,10	25	0,09
		50	0,11
		75	0,12
	11,12,13	25	0,06
		50	0,07
		75	0,08
Калибр-пробка плоская	7	75	0,22
		100	0,24
		125	0,25
	8,9,10	75	0,17
		100	0,19
		125	0,2
	11,12,13	75	0,096
		100	0,11
		125	0,12
Калибр-пробка шлицевая	7	25	0,1
		50	0,14
		75	0,16
	8,9,10	25	0,09
		50	0,12
		75	0,14
Калибр-вкладыш шлицевый	8,9,10	25	0,05
		50	0,06
		75	0,07

Таблица П.7.9

Вспомогательное время на измерение скобами, мин

Измерительный инст- румент	Точность измерения	Измеряемый размер (мм) до	Длина измеряемой поверхности (мм) до		
			50	100	250
Квалитет					
Скоба двусторонняя предельная (полный промер)	6,7	50	0,09	0,11	0,15
		100	0,11	0,13	0,18
	8,9	50	0,07	0,09	0,13
		100	0,09	0,11	0,15
Скоба односторонняя предельная	6,7	50	0,07	0,08	0,1
		100	0,08	0,1	0,14
	8,9	50	0,06	0,07	0,1
		100	0,07	0,09	0,13
	10...12	50	0,03	0,04	0,06
		100	0,04	0,05	0,07
Степень точности					
Скоба резьбовая	6,7	50	0,08	0,09	0,12
		100	0,09	0,11	0,15
	8,9	50	0,07	0,08	0,11
		100	0,08	0,1	0,14
	10	50	0,03	0,04	0,07
		100	0,04	0,06	0,08
Скоба индикаторная	0,01 мм	50	0,07	0,08	0,12
		100	0,09	0,11	0,14
		200	0,12	0,13	0,17

Таблица П.7.10

Вспомогательное время на измерение резьб с точностью 6 – 8g и 6 – 7H пробками и кольцами резьбовыми, мин

Измеряемый размер (мм) до		Длина измеряемой резьбы (мм) до								
<i>D</i>	<i>S</i>	5	10	15	20	30	40	50	60	80
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Измерение резьбовой пробкой</i>										
10	0,5	0,21	0,39	0,54	0,72	0,54 0,39				
	1	0,12	0,21	0,3	0,39					
	1,5	0,08	0,15	0,21	0,27					
20	1	0,13	0,22	0,31	0,4	0,59				
	1,5	0,09	0,16	0,22	0,29	0,41	0,54	0,63		
	2	0,08	0,13	0,17	0,22	0,31	0,41	0,5		
	2,5	0,07	0,1	0,14	0,19	0,26	0,33	0,4		

Окончание табл. П.7.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	1	0,14	0,24	0,34	0,44	0,63	0,81	1,04		
	1,5	0,11	0,18	0,24	0,31	0,44	0,59	0,72		
	2	0,09	0,14	0,19	0,24	0,34	0,44	0,54		
	2,5	0,08	0,13	0,16	0,2	0,28	0,36	0,44		
	3	–	0,11	0,14	0,18	0,24	0,31	0,38		
60	1	0,15	0,27	0,38	0,5	0,72	0,9	1,13		
	1,5	0,12	0,2	0,27	0,35	0,5	0,63	0,72	0,9	
	2	0,1	0,15	0,22	0,27	0,38	0,5	0,59	0,72	
	3	–	0,12	0,15	0,19	0,27	0,35	0,4	0,5	
<i>Измерение резьбовым кольцом</i>										
10	0,5	0,15	0,28	0,41	0,54					
	1	0,09	0,15	0,22	0,28	0,41	0,54	0,68		
	1,5	0,06	0,1	0,15	0,2	0,28	0,38	0,54		
20	1	0,09	0,16	0,23	0,3	0,45	0,59	0,72		
	1,5	0,07	0,12	0,16	0,21	0,3	0,39	0,48	0,59	
	2	0,05	0,1	0,13	0,16	0,23	0,3	0,37	0,45	0,59
	2,5	0,04	0,07	0,1	0,13	0,19	0,26	0,3	0,36	0,45
40	1	0,1	0,18	0,25	0,32	0,5	0,63	0,77		
	1,5	0,07	0,13	0,18	0,23	0,32	0,44	0,54	0,63	
	2	0,07	0,1	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,5	0,63
	2,5	0,5	0,09	0,12	0,15	0,21	0,27	0,32	0,39	0,5
	3	–	0,07	0,1	0,13	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43
60	1	0,11	0,2	0,30	0,38	0,54	0,72	0,9		
	1,5	0,08	0,15	0,2	0,26	0,38	0,5	0,59	0,72	
	2	0,07	0,13	0,15	0,22	0,29	0,38	0,45	0,59	0,72
	3	–	0,08	0,12	0,15	0,2	0,26	0,32	0,38	0,5

Таблица П.7.11

**Нормативы времени на обслуживание рабочего места,
отдых и естественные надобности**

Наименование станка	$t_{об. отд.}$ в % от оперативного времени
Токарные: высота центров до 125 мм то же до 200 мм » до 300 мм	6 6,5 7
Вертикально и радиально-сверлильные (работа с механической подачей): Наибольший диаметр сверления до 12 мм то же до 50 мм » до 75 мм	5,5 6 6,5
Горизонтально-, вертикально- и универсально-фрезерные (работа с механической подачей): длина стола станка до 750 мм то же до 50 мм » до 75 мм	6...8 7...9 7,5...9,5

Таблица П.7.12

**Техническое обслуживание рабочего места при шлифовании.
Время на одну правку шлифовального круга $t_{п.}$, мин**

Правка	Правящий инструмент	Поверхность правки	Ширина круга или радиус, мм	Шероховатость поверхности Ra , мкм, до	
				0,63	0,32
Круглошлифовальные станки					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш, твёрдосплавные диски и ролики	Торец, периферия круга	До 10	1,3	1,5
			40	1,4	1,6
			60	1,6	1,9
			80	1,8	2,2
Внутришлифовальные станки (диаметр круга до 150 мм)					
Без установки правящего инструмента на станке	Алмаз, алмазно-металлический карандаш	Периферия круга	До 20	0,9	1
			30	1	1,1
			40	1,1	1,2
			60	1,2	1,3

Таблица П.7.13

**Нормы времени на отдых и естественные надобности
при шлифовании**

Наименование станка	$t_{\text{отд}}$ в % от оперативного времени
Круглошлифовальные:	
точность шлифования 5 квалитет	6
то же 6 квалитет	5
» 7 квалитет	4
Внутришлифовальные:	
точность шлифования 6 квалитет	6
то же 7 квалитет	5
» 8 квалитет	4

**Нормы подготовительно-заключительного времени
при работе на токарно-револьверных станках**

Таблица П.7.14

На организационную подготовку

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки:	
	а) на рабочее место	4,0
	б) в раздаточной кладовой	9,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П.7.15

На наладку станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовки	Количество инструментов в наладке	Группа станков			
			I	II	III	IV
			Наибольший диаметр обработки, мм			
			12–25	36	65	св. 110
Время, мин						
1	В патроне или на оправке	4	14	16	18	19
2		8	19	26	28	30
3		10	26	35	38	40
1	В специальном приспособлении	4	18	20	24	25
2		8	23	30	34	36
3		10	30	39	44	46
1	В любом приспособлении при групповой обработке	4	10	11	12	13
2		8	13	18	20	21
3		10	18	25	27	28

Таблица П.7.16

На пробную обработку заготовки

№ п/п	Количество резцов, устанавливаемых с допуском на обработку менее 0,1 мм	Оперативное время обработки, мин				
		3	5	10	15	св. 15
		Время, мин				
1	2	6	8	12	14	17
2	5	9	11	15	17	20

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на сверлильных станках

Таблица П.7.17

На организационную подготовку

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки: а) на рабочее место б) в раздаточной кладовой	4,0 5,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П.7.18

На наладку станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовки	Число инструментов	Наибольший диаметр сверления, мм		
			12	50	75
1	На столе без крепления	1...5	3	4	5
		6...10	-	5	6
2	На столе с креплением заготовки двумя болтами	1...5	4	5	6
		6...10	-	7	8
3	В приспособлении или тисках без их крепления	1...5	5	6	7
		6...10	-	7	8
4	В приспособлении или тисках с их креплением	1...5	-	9	10
		6...10	-	10	11

Таблица П.7.19

На дополнительные приёмы

№ п/п	Способ крепления заготовки	Наибольший диаметр свер- ления, мм		
		12	50	75
1	Поворот стола на угол	-	2	2
2	Установка многошпиндельной головки	-	20	25
3	Установка дополнительного упора	1	1	1,5

Нормативы подготовительно-заключительного времени при
работе на фрезерных станках

Таблица П.7.20

На организационную подготовку

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической до- кументации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки: а) на рабочее место б) в раздаточной кладовой	4,0 10,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П.7.21

На наладку станка, инструмента и приспособления

№ п/п	Способ установки заготовок	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	На столе с креплением болтами и планками	12	14	16	18
2	В тисках или патроне с крепле- нием 4 болтами	14	16	18	20
3	В патроне делительной головки	17	19	21	23
4	При установке вручную в специ- альном приспособлении	14	16	18	20

Таблица П.7.22

На установку фрез

№ п/п	Количество устанавливаемых фрез	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	1...2	2	2	2	2
2	3...4	4	4	4	4
3	5...6	6	6	6	6

Таблица П.7.23

На дополнительные приёмы

№ п/п	Количество устанавли- ваемых фрез	Длина стола станка, мм			
		750	1250	1800	2500
1	Поворот стола на угол	1	1	1	1
2	Поворот шпиндельной бабки	2	2	2	2
3	Установка упора	2	3	3	4

Нормативы подготовительно-заключительного времени при работе на шлифовальных станках

Таблица П.7.24

На организационную подготовку

№ п/п	Содержание работы	Время, мин
1	Получение наряда, чертежа, технологической документации, инструмента до начала работы и сдача по окончании обработки: а) на рабочее место б) в раздаточной кладовой	4,0 9,0
2	Ознакомление с работой	2,0
3	Инструктаж мастера	2,0

Таблица П.7.25

Круглошлифовальные станки

№ п/п	Способ установки заготовок	Высота центров станка, мм	
		150	200
1	В центрах, в центрах на оправке	7	8
2	В самоцентрирующем патроне	10	11
3	В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
4	В четырёхкулачковом патроне и люнете	14	16

Таблица П.7.26

Внутришлифовальные станки

№ п/п	Способ установки заготовки	Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм		
		до 130	до 260	до 500
1	В самоцентрирующем или цанго- вом патроне	7	9	11
2	В четырёхкулачковом патроне	15	17	19
3	В устанавливаемом вручную специальном приспособлении	8	10	12

Таблица П.7.27

Время выхаживания при шлифовании $t_{\text{вых}}$

Точность обработки, мм	Ширина шлифования, мм	Шероховатость поверхности							
		<=Ra 1,6				<=Ra 0,8			
		$t_{\text{ВЫХ}}$, мин, при диаметре шлифуемой поверхности, мм							
		до 16	40	100	160	до 16	40	100	160
До 0,025	До 16	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
	40	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22
	100	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25
	160	0,12	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,24	0,27
0,025– 0,05	До 16	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,15
	40	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,15	0,17
	100	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,17	0,19
	160	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,19	0,22

Таблица П.7.28

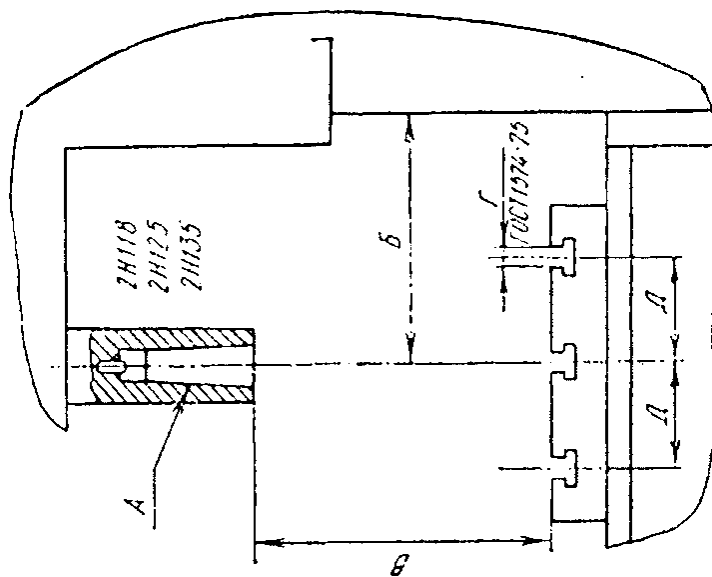
Слой, снимаемый при выхаживании $z_{\text{вых}}$

Время выхаживания, мин	$z_{\text{вых}}$, мм, при минутной подаче, мм/мин				
	0,2	0,5	1,0	2,0	св. 2,0
0,1	0,01	0,02	0,03	0,05	0,06
0,15	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
0,2	0,015	0,025	0,05	0,07	0,08
0,25	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10

Технические характеристики станков
Таблица П.8.1

Вертикально – сверлильные станки

Техническая характеристика	Модель станка		
	2Н118	2Н125	2Н135
1	2	3	4
Наибольший диаметр сверления по стали, мм	18	25	35
Расстояние от центра шпинделя до вертикальных направляющих Б, мм	200	250	300
Расстояние от торца шпинделя до стола В, мм	50...650	5...700	0...750
Конус Морзе шпинделя А	№2	№3	№4
Размеры стола, мм:			
ширина паза	14	14	18
расстояние между пазами	180	200	240
Количество пазов	2	2	2
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	2,2	4

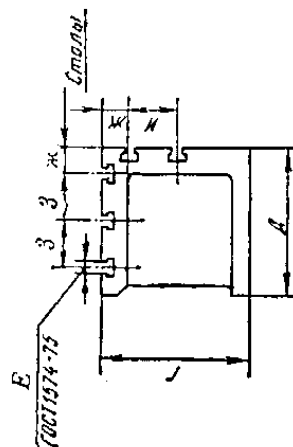
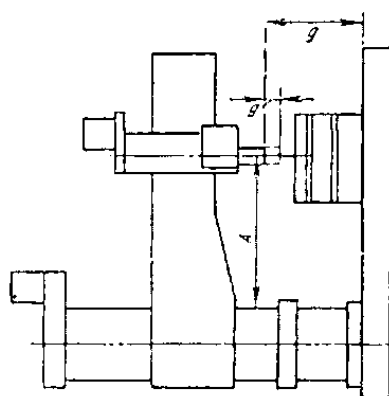


Размеры рабочей зоны и присоединительных поверхностей вертикально-сверлильного станка

Таблица П.8.2

Радиально-сверлильные станки

Техническая характеристика	Модель станка	
	2Л53У	2М57
Наибольший диаметр сверления по стали, мм	35	75
Расстояние от оси шпинделя до колонны A , мм	290...1000	500...2000
Расстояние от торца шпинделя до плиты B , мм	320...1400	600...1750
Конус Морзе шпинделя	№4	№5
Наибольшее вертикальное перемещение шпинделя B , мм	300	350
Число ступеней скоростей	21	21
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	35,5...1400	20...2000
Число ступеней подачи	12	12
Подача шпинделя, мм/об	0,056...2,5	0,056...2,5
Мощность электродвигателя, кВт	2,2	4
Количество пазов: верхних боковых	3 2	3 2



Размеры рабочей зоны и присоединительных поверхностей радиально-сверлильного станка

Таблица П.8.3

Круглошлифовальные станки

Техническая характеристика	Модель станка	
	3В110	3Е12
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм: диаметр длина	140 180	200 500
Конус Морзе передней бабки	№3	№4
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм	250x20x76	350x40x127
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, мин ⁻¹	2450;2840	1900;2720
Частота вращения шпинделя изделия, об/мин	150...750	78...780
Поперечная подача шлифовальной бабки на один ход стола (бесступенчатое регулирование), мм	80	230
Непрерывная подача для врезного шлифования (бесступенчатое регулирование), мм/мин		0,1...4
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	5,5

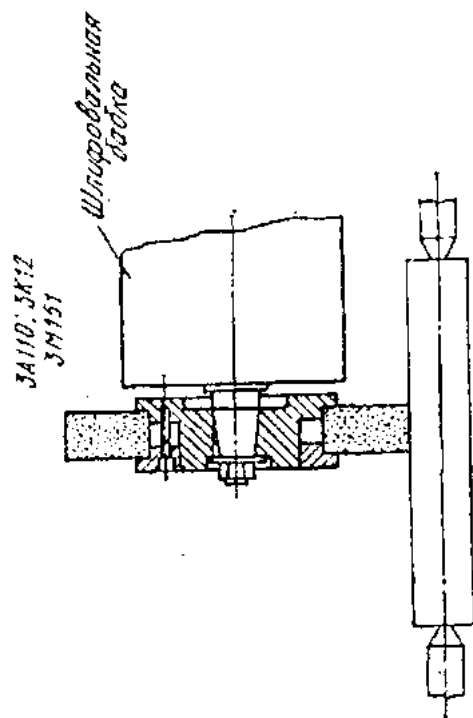


Схема рабочей зоны круглошлифовального станка

Таблица П.8.4

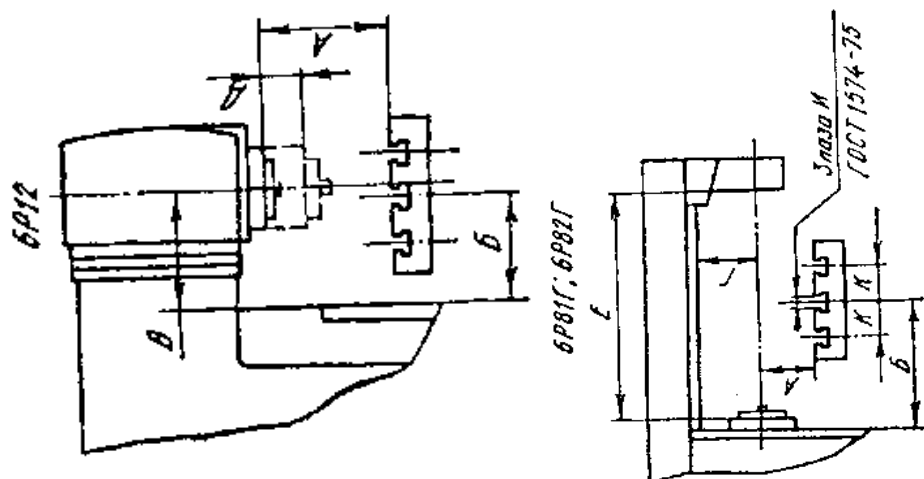
Внутришлифовальные станки с горизонтальным шпинделем

Техническая характеристика	Модель станка	
	3K225B	3K227B
Наибольший диаметр изделия, мм	200	250
Размеры шлифуемого отверстия, мм: диаметр наибольшая длина	3...25 50	20...100 125
Наибольшие размеры шлифовального круга, мм: диаметр высота	20 32	100 50
Частота вращения шлифовального круга (бесступенчатое регулирование), мин ⁻¹	40000...90000 (пневмошпиндель)	9000; 12000; 18000; 24000
Поперечная подача шлифовального круга (бесступенчатое регулирование), мм/мин	0,03...0,3	0,0375...0,9
Частота вращения изделия (бесступенчатое регулирование), мин ⁻¹	250...2000	140...1000
Скорость перемещения стола при шлифовании (бесступенчатое регулирование), м/мин	1...7	1...7
Общая мощность электродвигателей, кВт	3,76	8,42
		12,0

Таблица П.8.5

Горизонтально- и вертикально-фрезерные станки

Техническая характеристика	Модель станка	
	6Р81Г	6Р12
Расстояние от оси или торца шпинделя до стола A , мм	50...410	30...450
Расстояние от вертикальных направляющих до середины стола B , мм	180...390	220...470
Расстояние от оси шпинделя до станины B , мм		350
Расстояние от оси шпинделя до направляющих хобота Γ , мм	140	155
Размеры рабочего стола, мм	1000×250	1250×320
Наибольшее перемещение стола, мм:		
продольное	630	800
поперечное	210	240
вертикальное	360	420
Конец шпинделя по ГОСТ 836-72	40	50
Ж, мм	88,882	128,57
З, мм	44,45	69,85
Размер T – образного паза стола $И$, мм:		
среднего	14Н8	18Н8
крайних	14Н11	18Н11
Расстояние между пазами K , мм	50	70
Количество скоростей шпинделя	16	
Мощность электродвигателя, кВт:		
главного движения	5,5	7,5
подачи стола	1,5	2,2



Размеры рабочей зоны и присоединительных поверхностей горизонтально- и вертикально-фрезерного станка

Паспортные данные некоторых типов металлорежущих станков

Таблица П.8.6

Станки сверлильной группы

№	Модель станка	Частоты вращения шпинделя (об/мин)	Подача шпинделя (мм/мин)
1	1Н118 $\eta=0,8$; $N=1,5$ кВт	180; 240; 360; 500; 700; 1000; 1400; 2000; 2800	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56
2	2Н125 $\eta=0,8$; $N=2,2$ кВт	45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 2000	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6
3	2Н135 $\eta=0,8$; $N=4,0$ кВт	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400;	0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6

Таблица П8.7

Станки фрезерной группы

№	Модель станка	Частоты вращения шпинделя (об/мин)	Подача стола (мм/мин)	Разм. стола
1	6Р81(гор) $\eta=0,75$; $N=5,5$ кВт	50; 63; 80; 500; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	35; 45; 50; 65; 85; 115; 135; 170; 210; 270; 330; 400; 530; 690; 835; 1020	250 х 1000
2	6Р82Г(гор) 6Р12(вер) $\eta=0,75$; $N=7,5$ кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 660; 800; 1000; 1250	320 х 1250
3	6Р83(гор) 6Р13(вер) $\eta=0,75$; $N=10$ кВт	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1200; 1600	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	400 х 1600

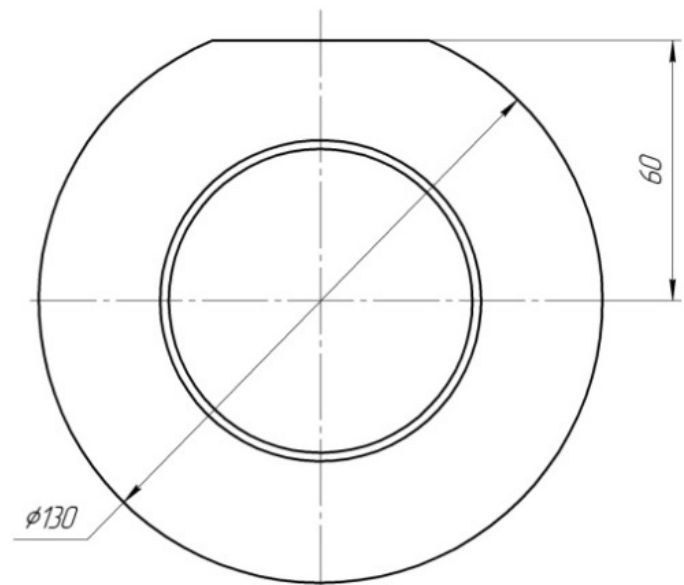
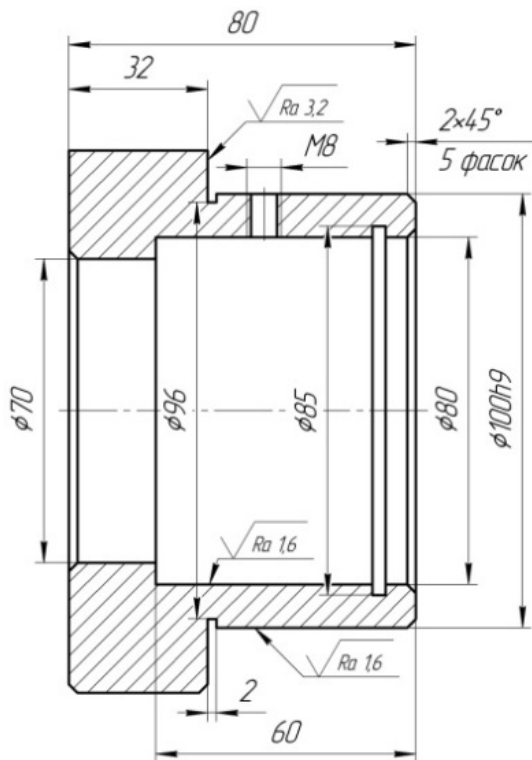
Таблица П.8.8

Станки шлифовальной группы

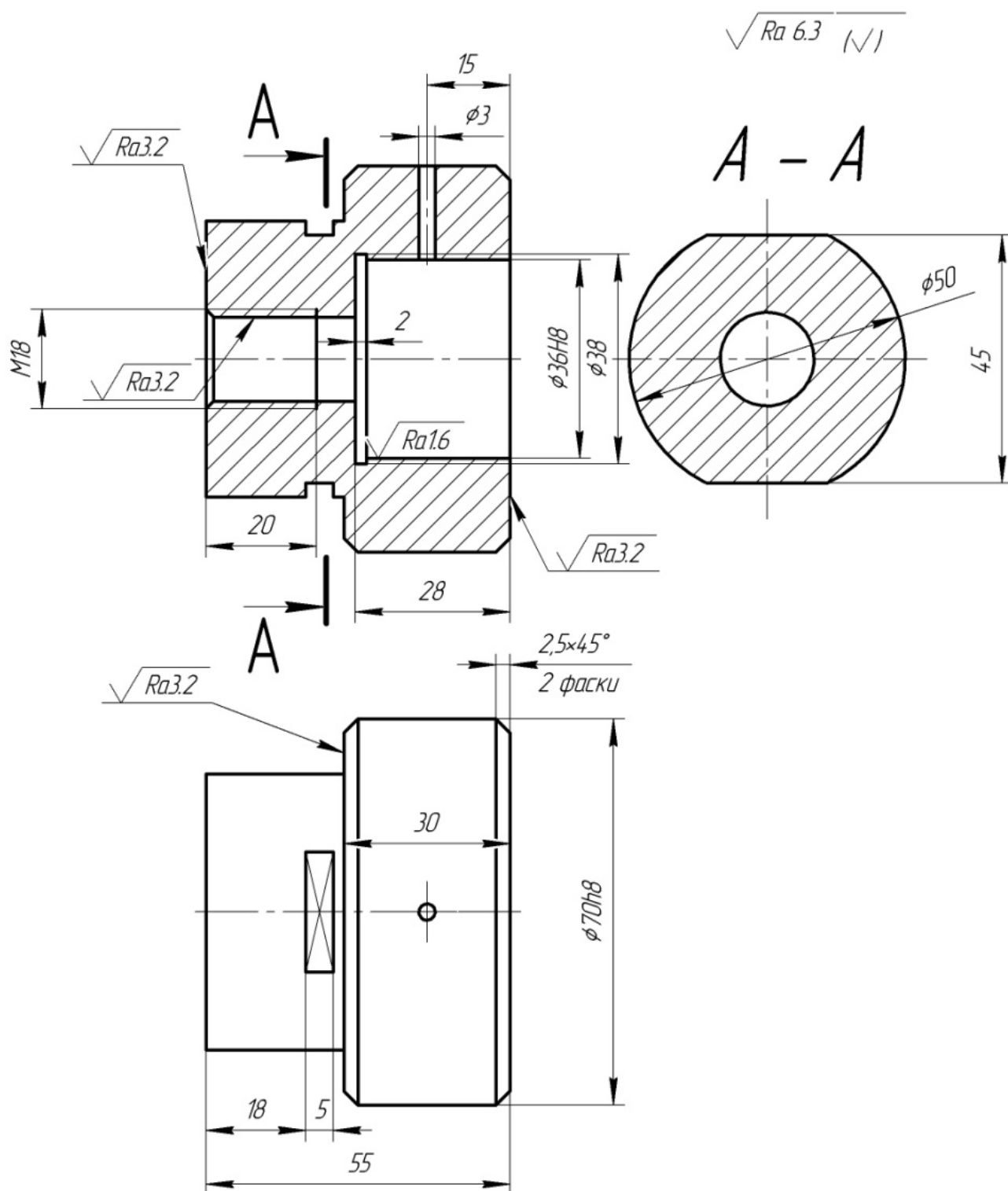
№	Модель станка	Параметры станков	Значения параметров (бесступенчатое регулир.)	Разм. шлиф
1	3М151у (круглошлиф) $\eta=0,8$; $N=7,5$ кВт	Частота вращения дет. Скорость перем.стола Попер. подача круга Скор. врезной подачи	50–500об/мин 0,05–5 м/мин 0,001–0,05 мм/ за ход стола 0,0005–0,02 мм/об	200 х 700
2	3К228А (внутришлиф) $\eta=0,85$; $N=5,5$ кВт	Диаметр шлифования Частота вращения дет. Част. вращ.шпинделей Скорость перем.стола Попер. подача круга	50–200 мм 100–600об/мин 4500;6000;9000;12000(об/м) 1–7 м/мин 0,065–2,0 мм/мин	560 х 200

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

$\sqrt{Ra\ 6.3\ \sqrt{1}}$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14, H14, \pm IT14/2$
 Номер детали - 151001.000000.001
 Наименование - Стакан
 Материал - Сталь 40 ГОСТ1050-88
 Масса - 3,0 кг



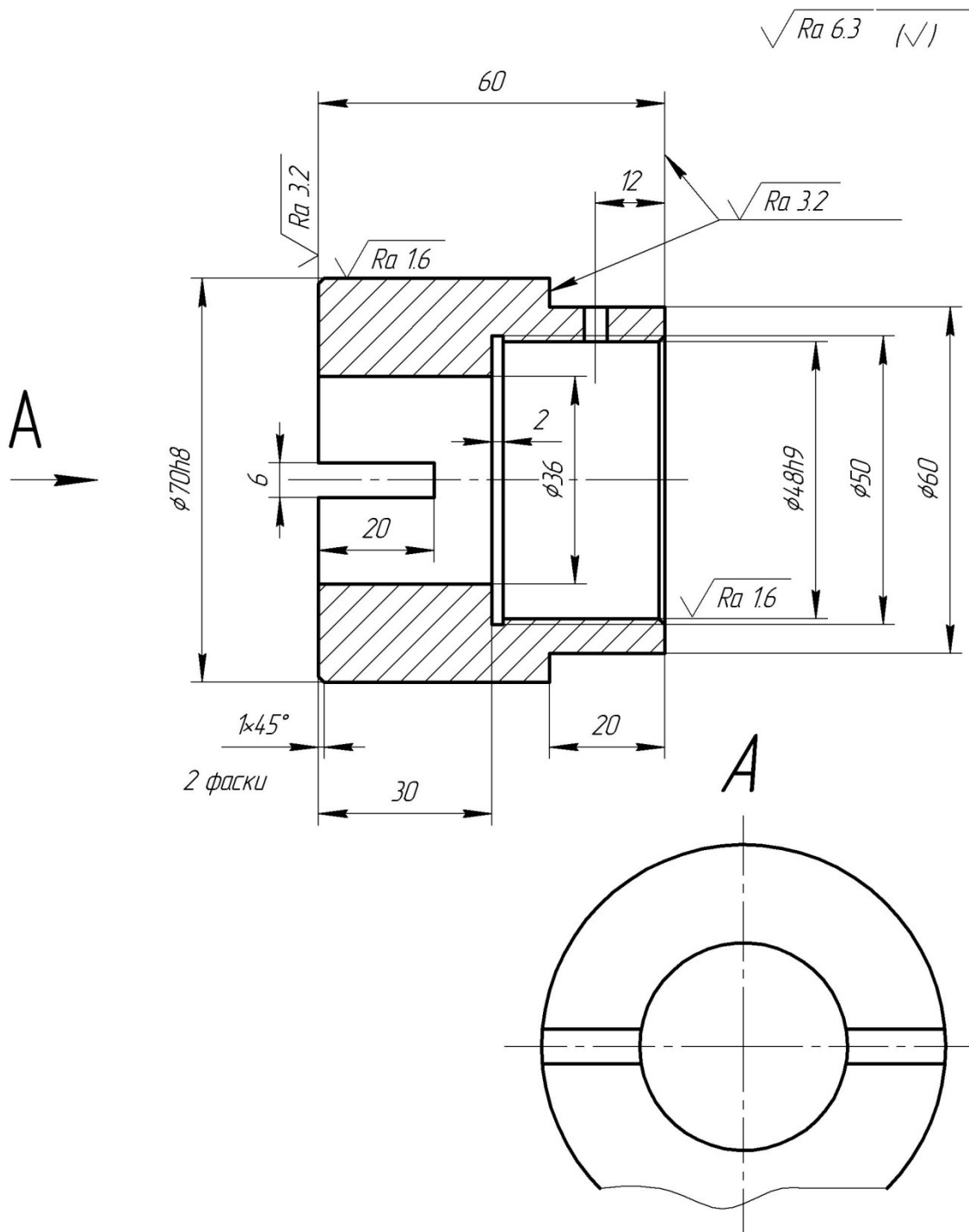
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.002

Наименование - Корпус

Материал - Сталь 20 ГОСТ1050-88

Масса - 1,0 кг



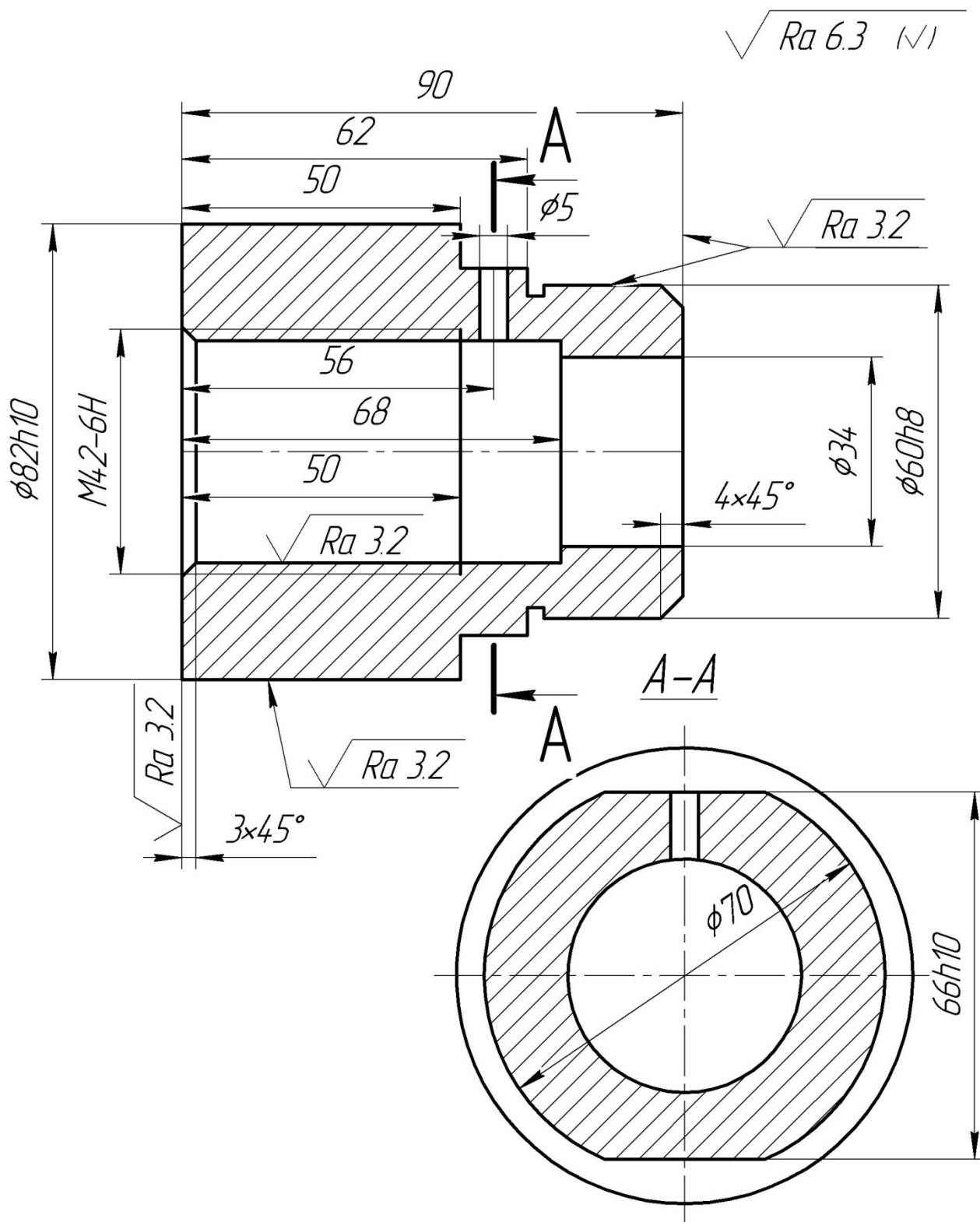
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.003

Наименование - Втулка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 0,33 кг



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.0000000.004

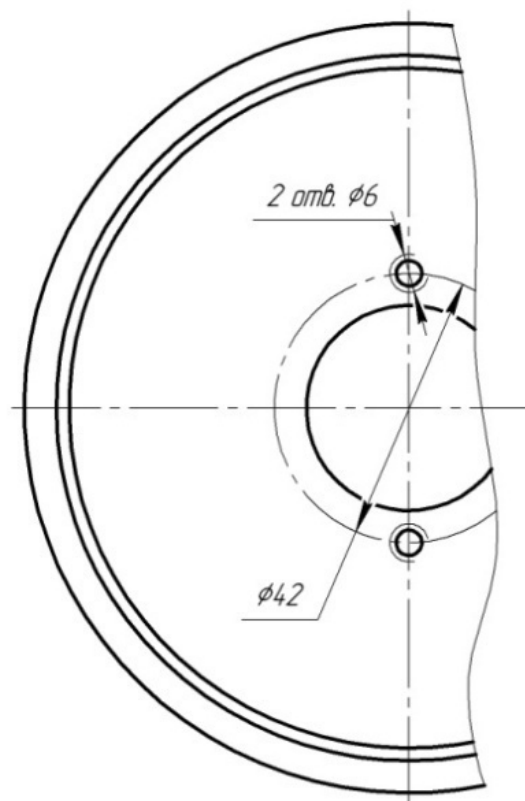
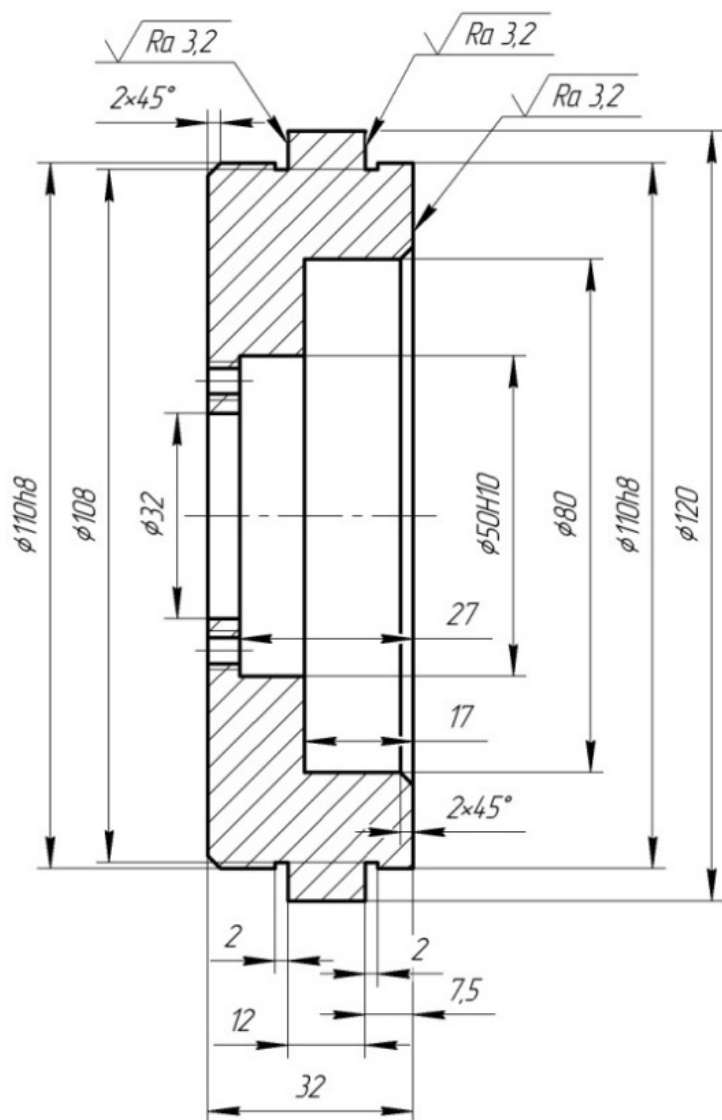
Наименование - Колпак

Материал - Сталь 40X ГОСТ 4543-710-88

Масса - 2,2 кг

Масса - 0,33 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}\ (\checkmark)$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

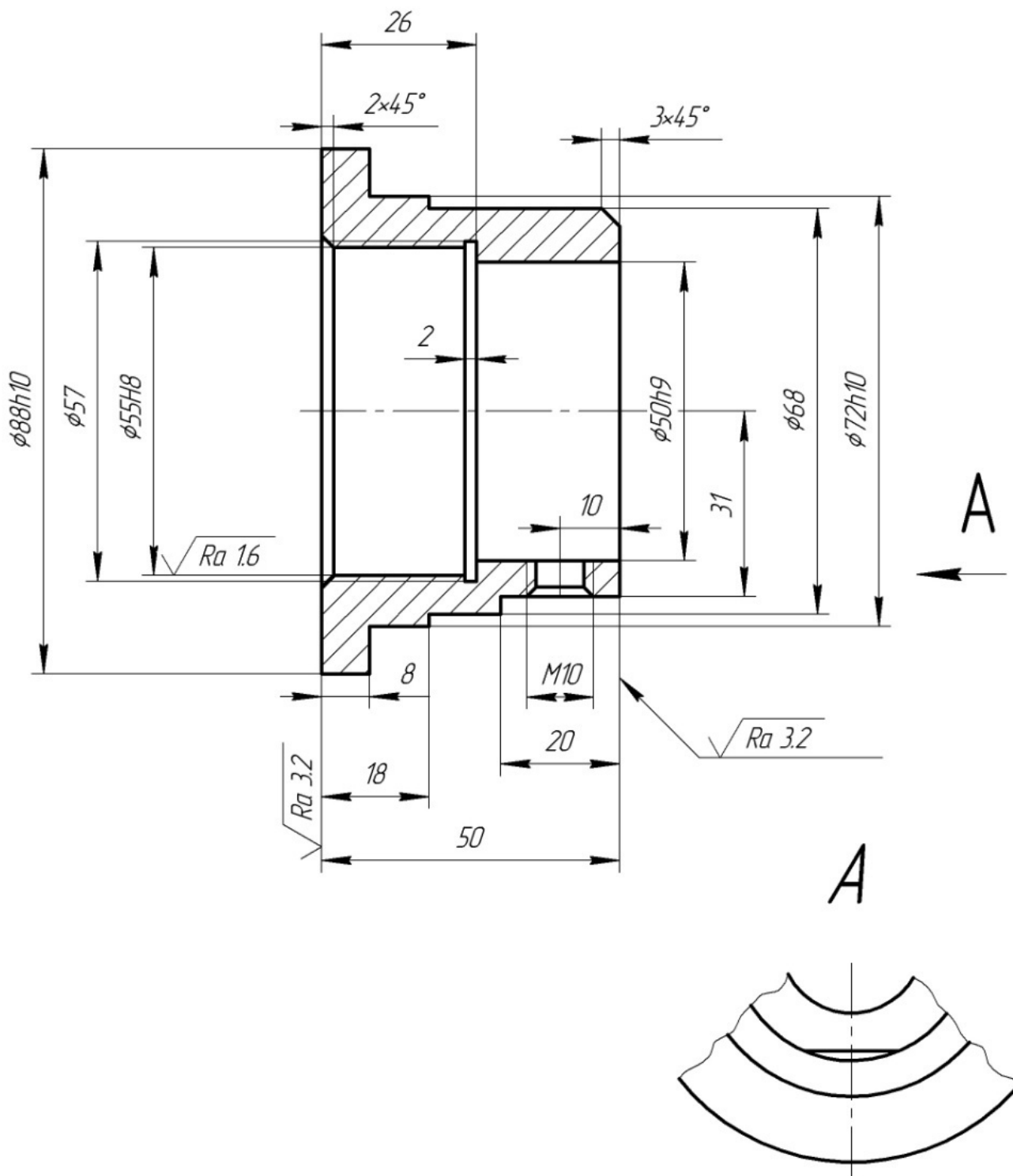
Номер детали - 151001.000000.006

Наименование - Крышка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 0,4 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$



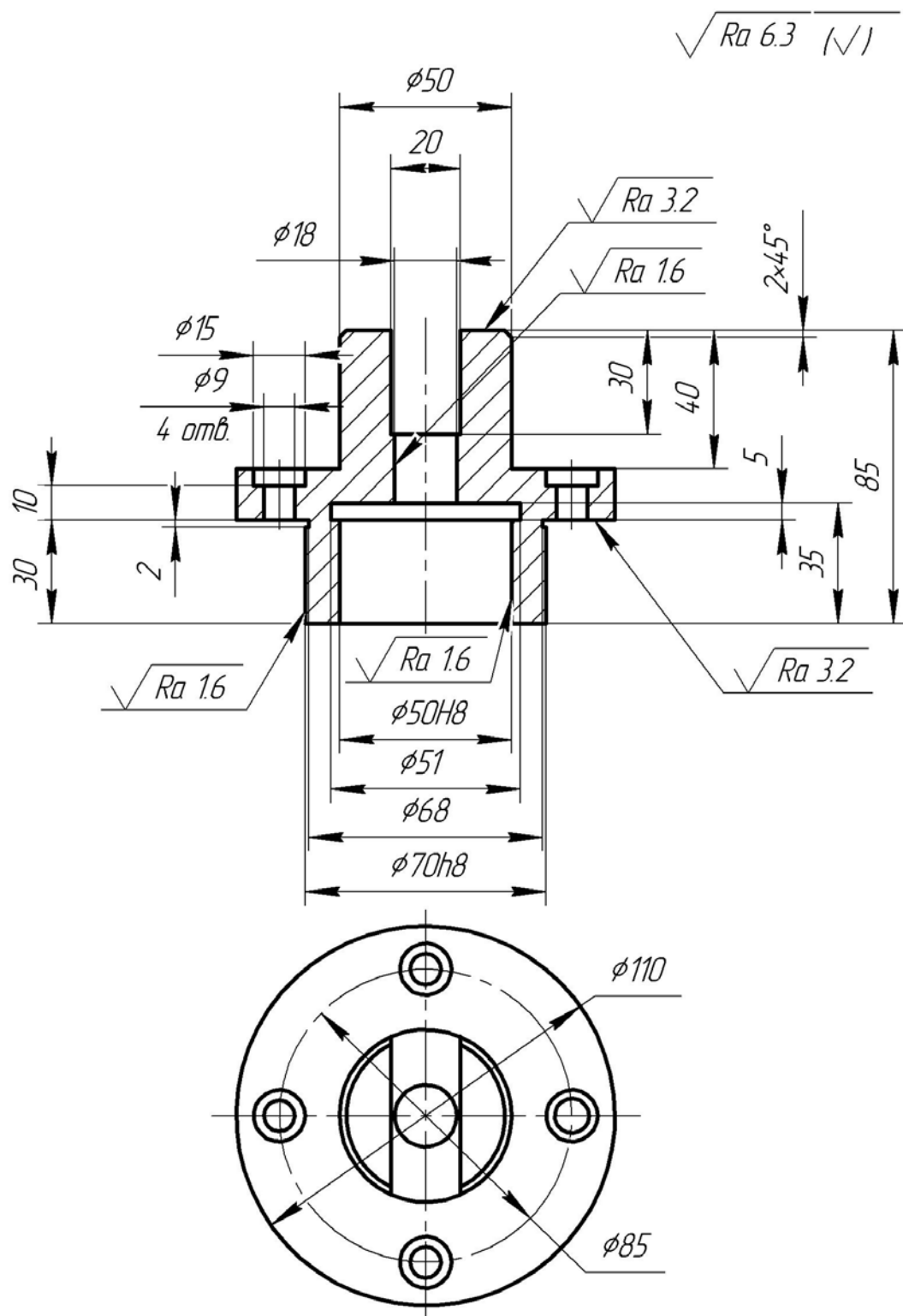
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.0000000.008

Наименование - Фланец

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 1,26 кг



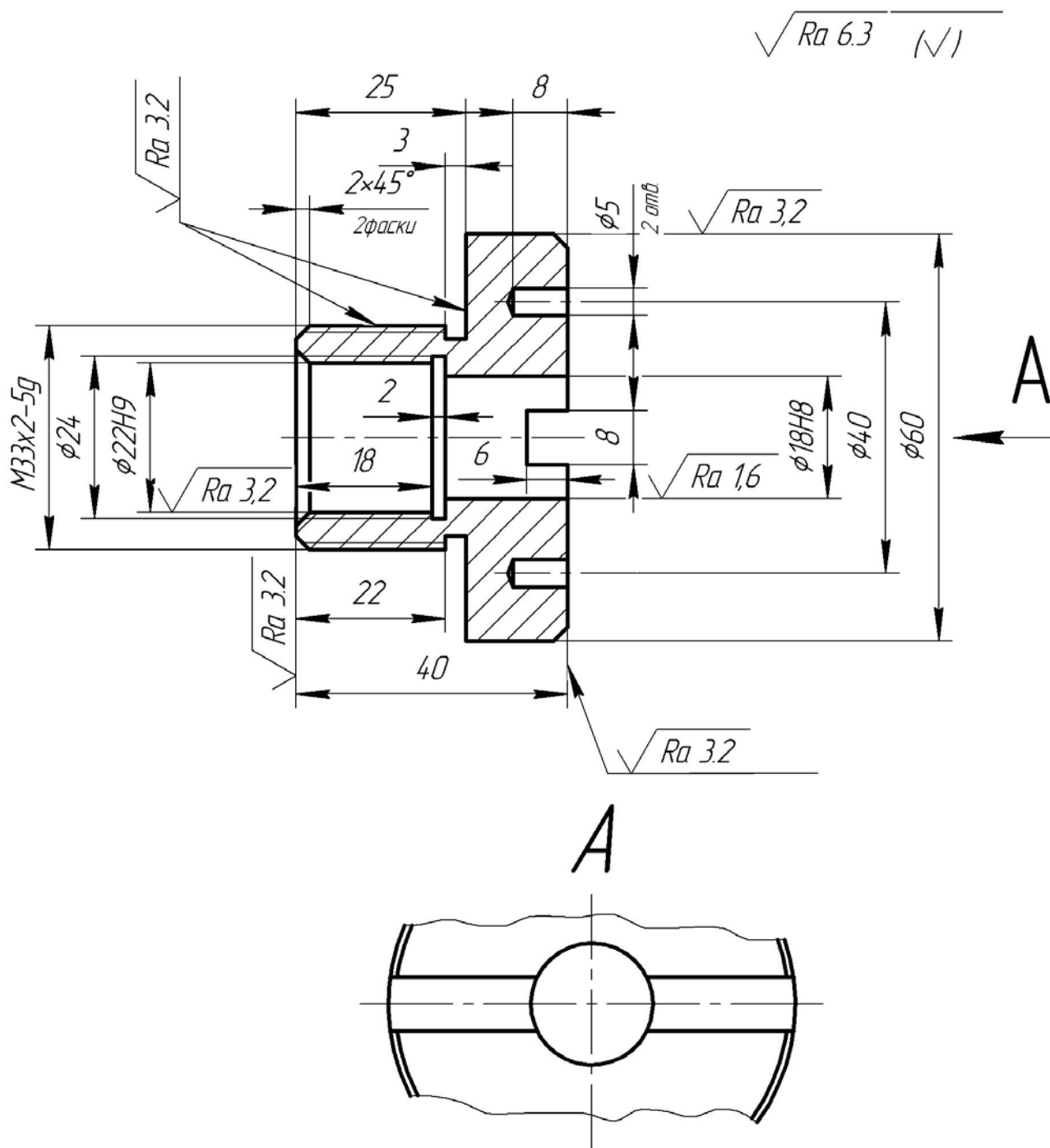
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.009

Наименование - Крышка цилиндра

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 1,2 кг



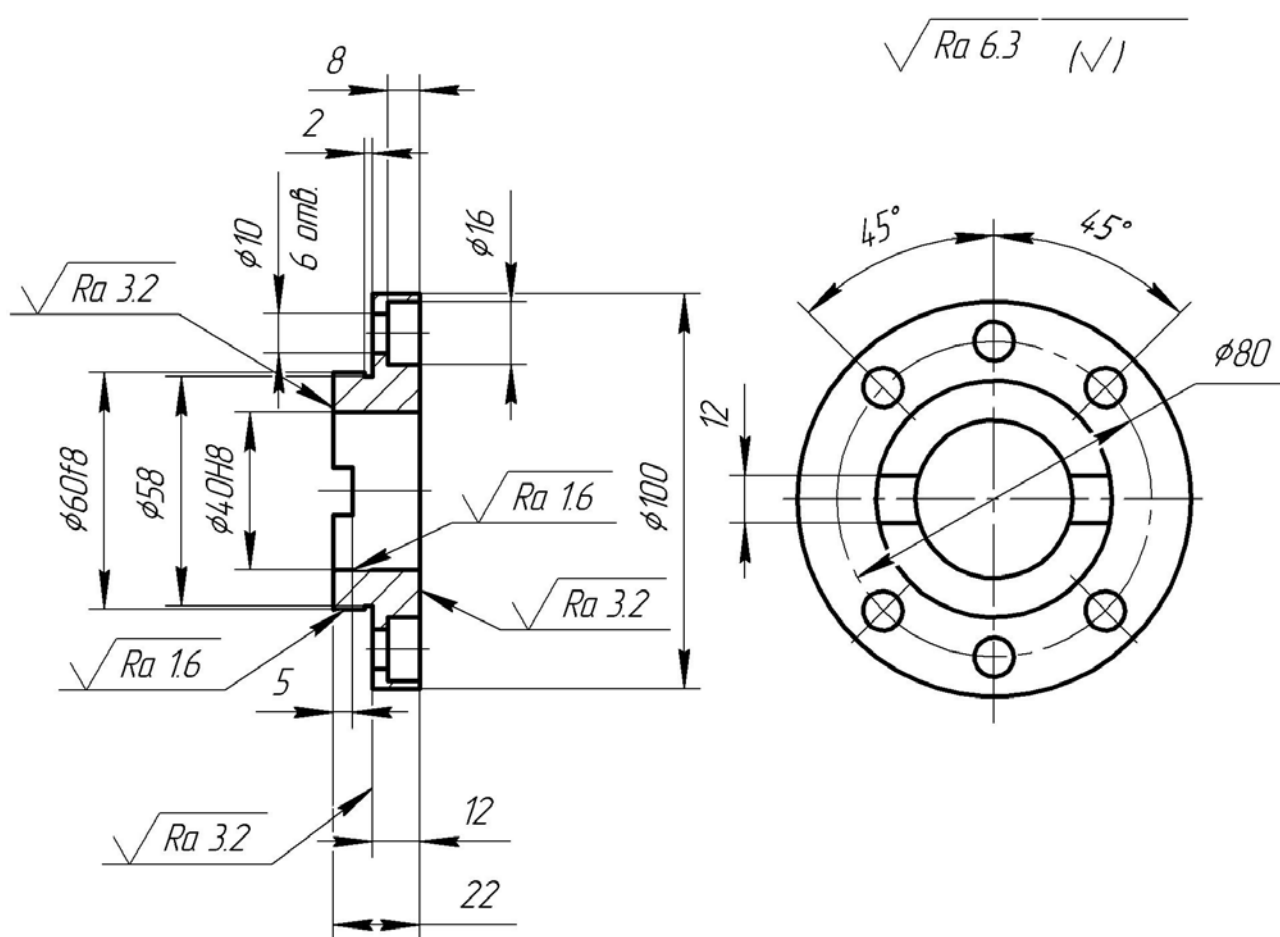
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.010

Наименование - Штуцер

Материал - Сталь 20 ГОСТ1050-88

Масса - 0,4 кг



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

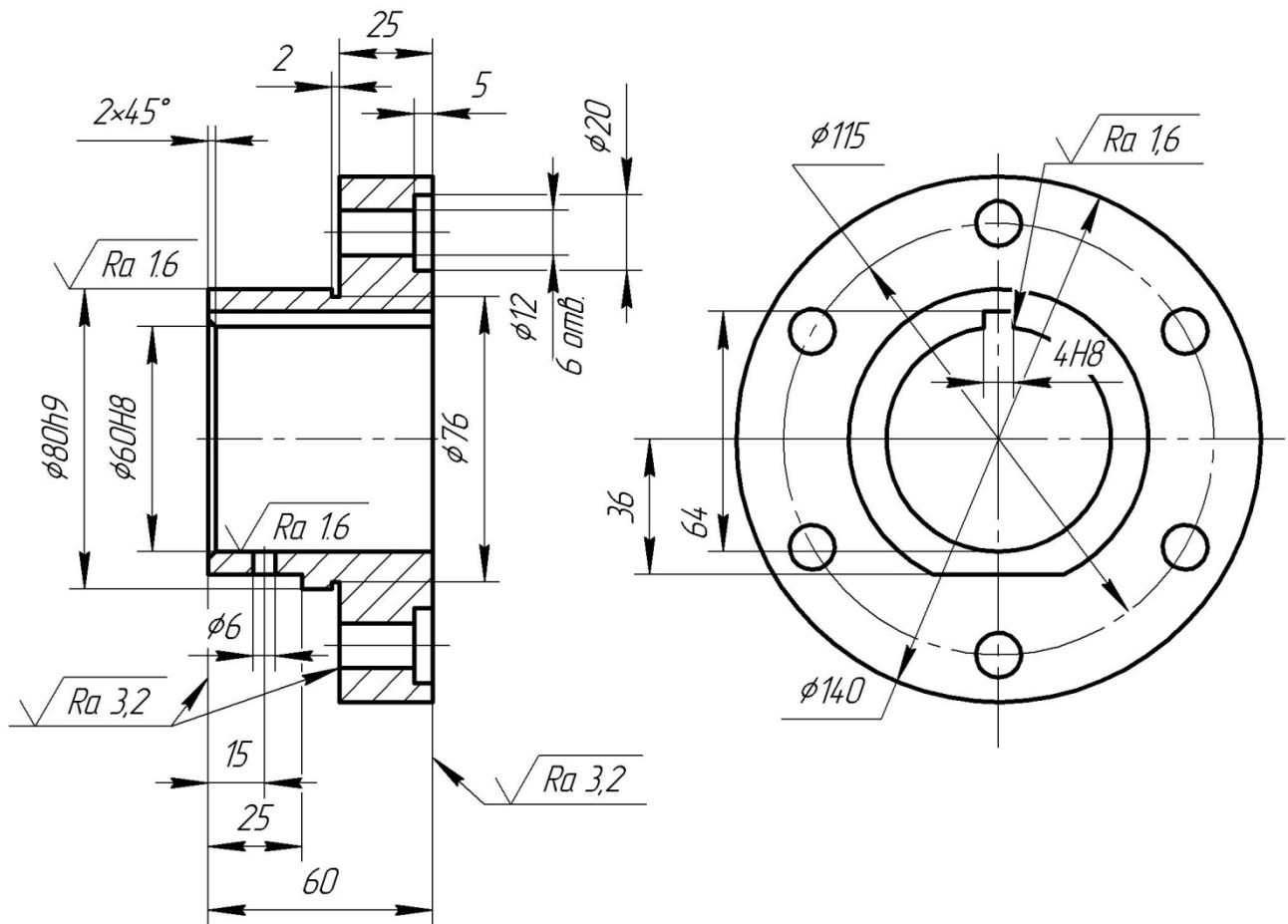
Номер детали - 151001.000000.011

Наименование - Фланец

Материал - Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Масса - 0,74 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}\ (\checkmark)$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14, H14, \pm IT14/2$.

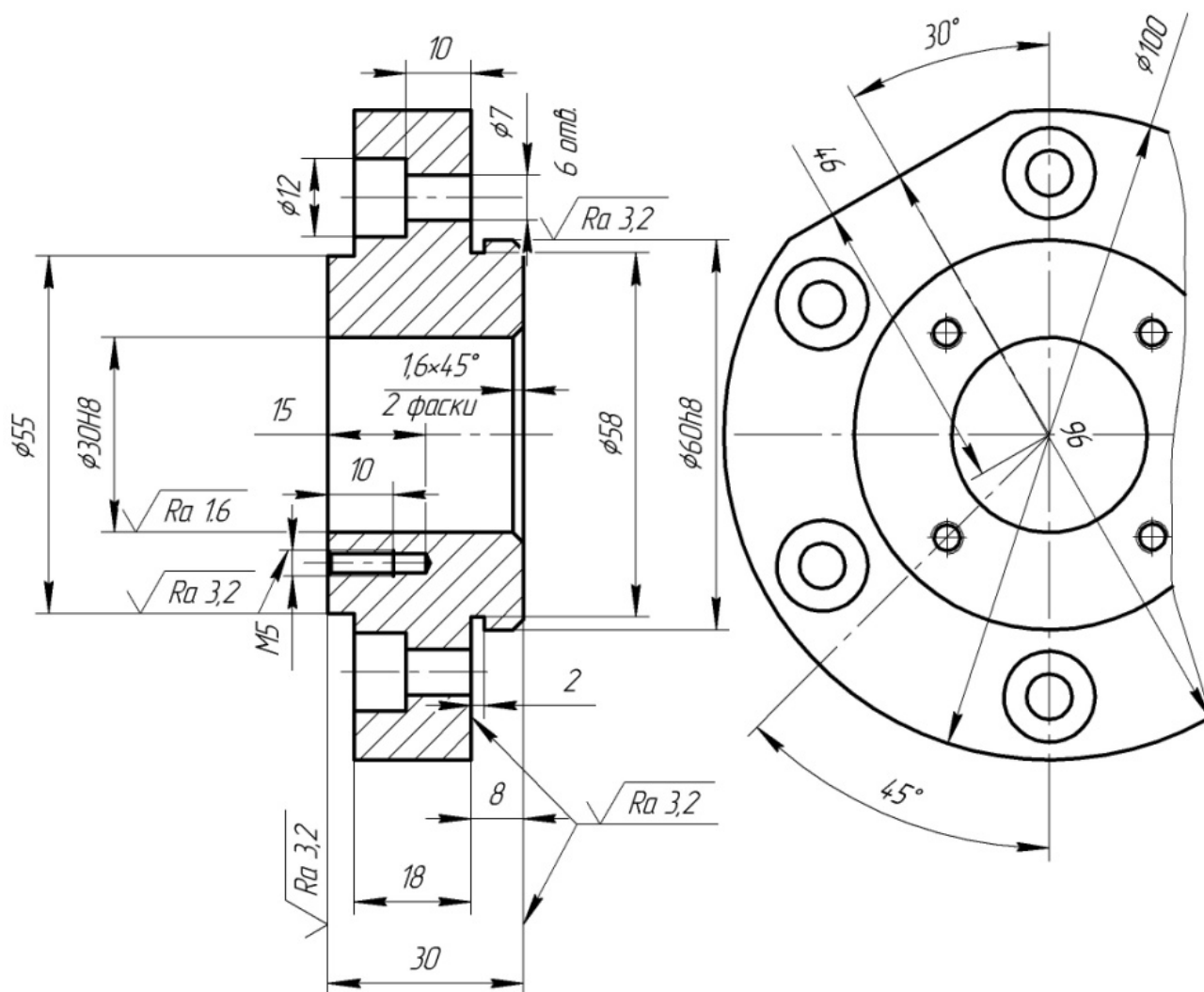
Номер детали - 151001.0000000.012

Наименование - Фланец

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 0,7 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}\ (\checkmark)$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

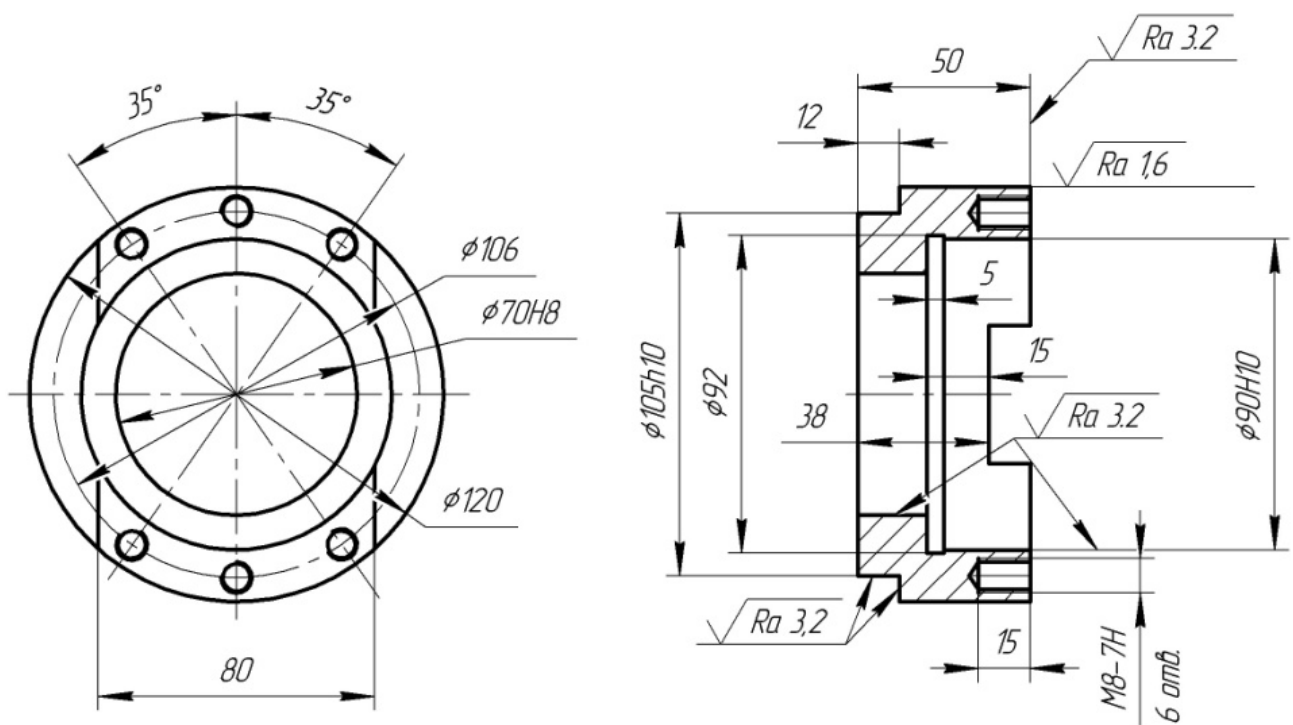
Номер детали - 151001.0000000.013

Наименование - Фланец

Материал - Ст3 ГОСТ 380-94

Масса - 1,7 кг

$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

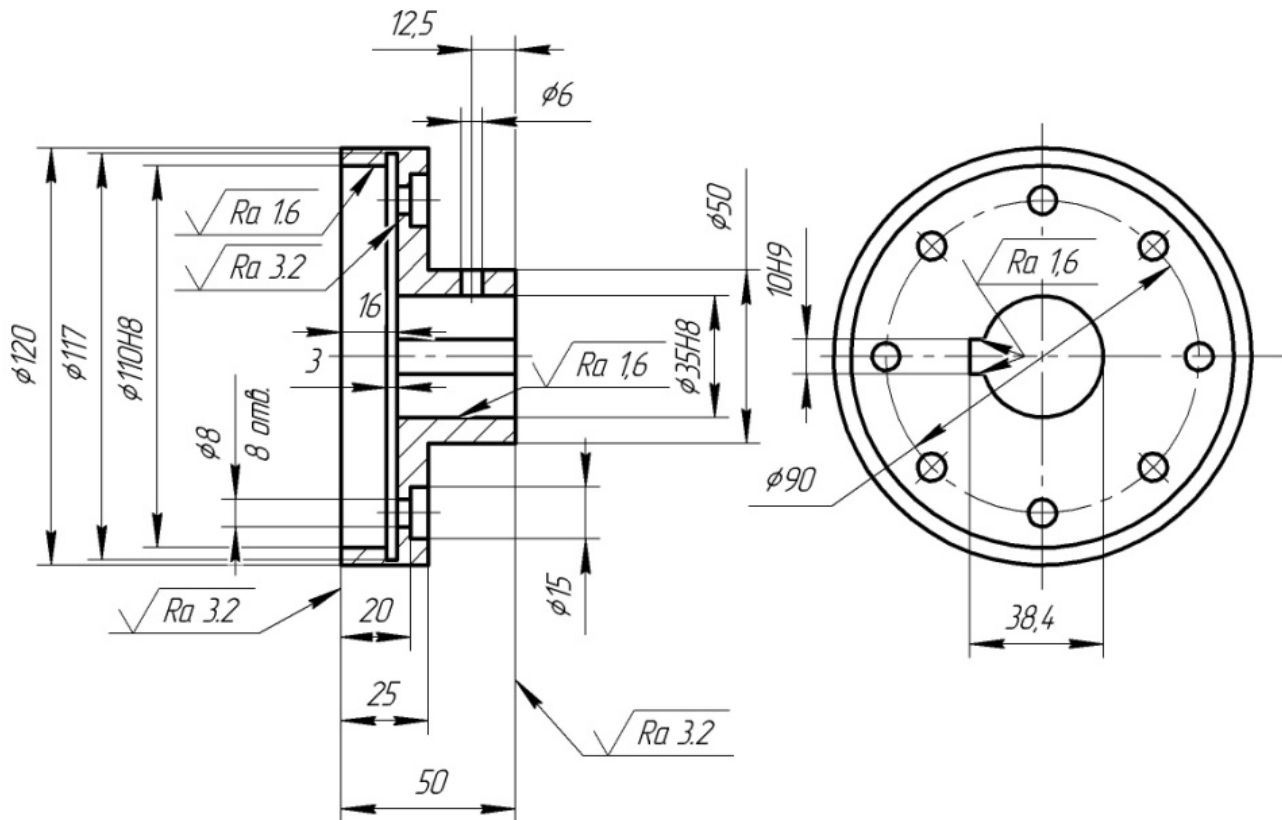
Номер детали - 151001.000000.014

Наименование - Кольцо

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 1,2 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

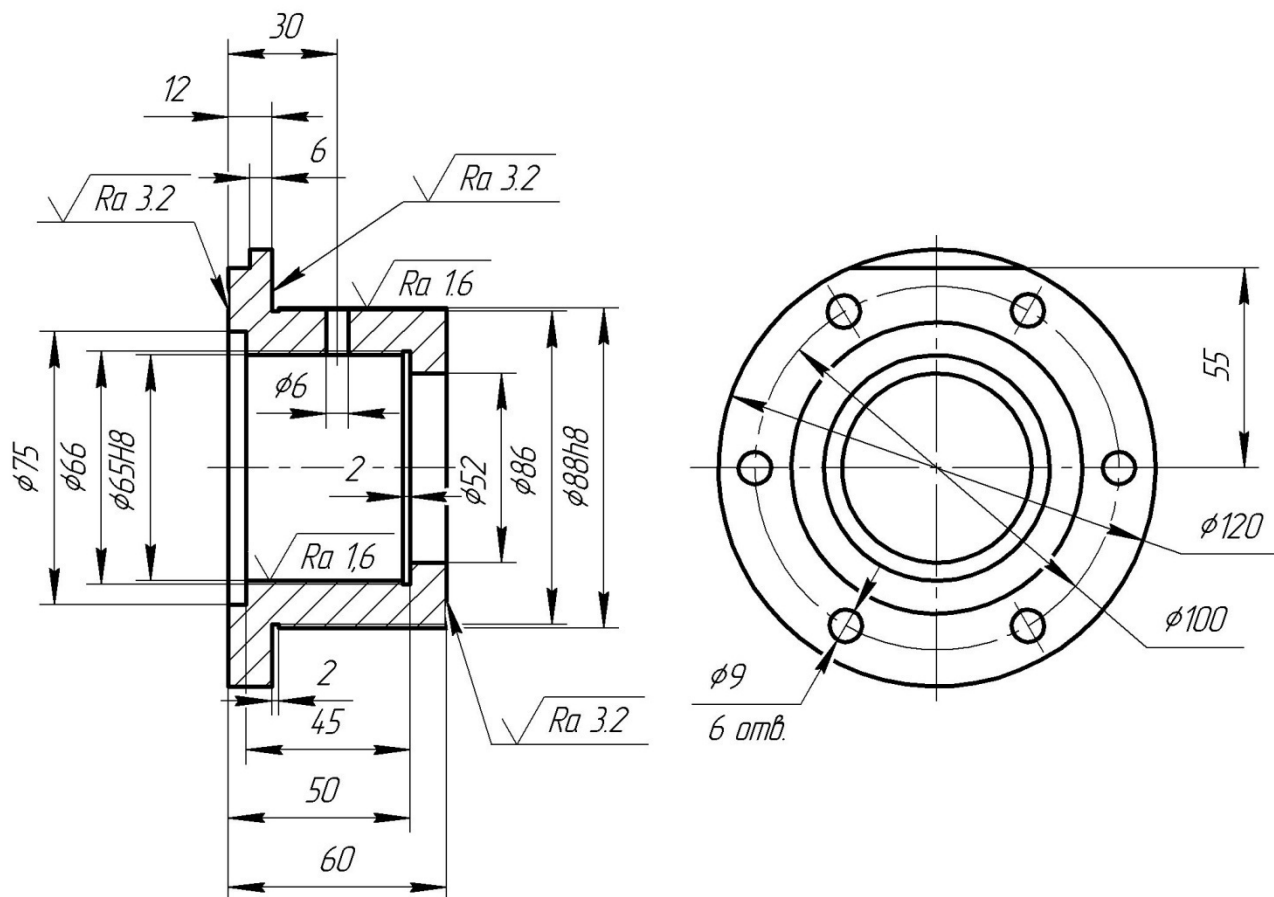
Номер детали - 151001.000000.015

Наименование - Полумуфта

Материал - Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Масса - 1,13 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

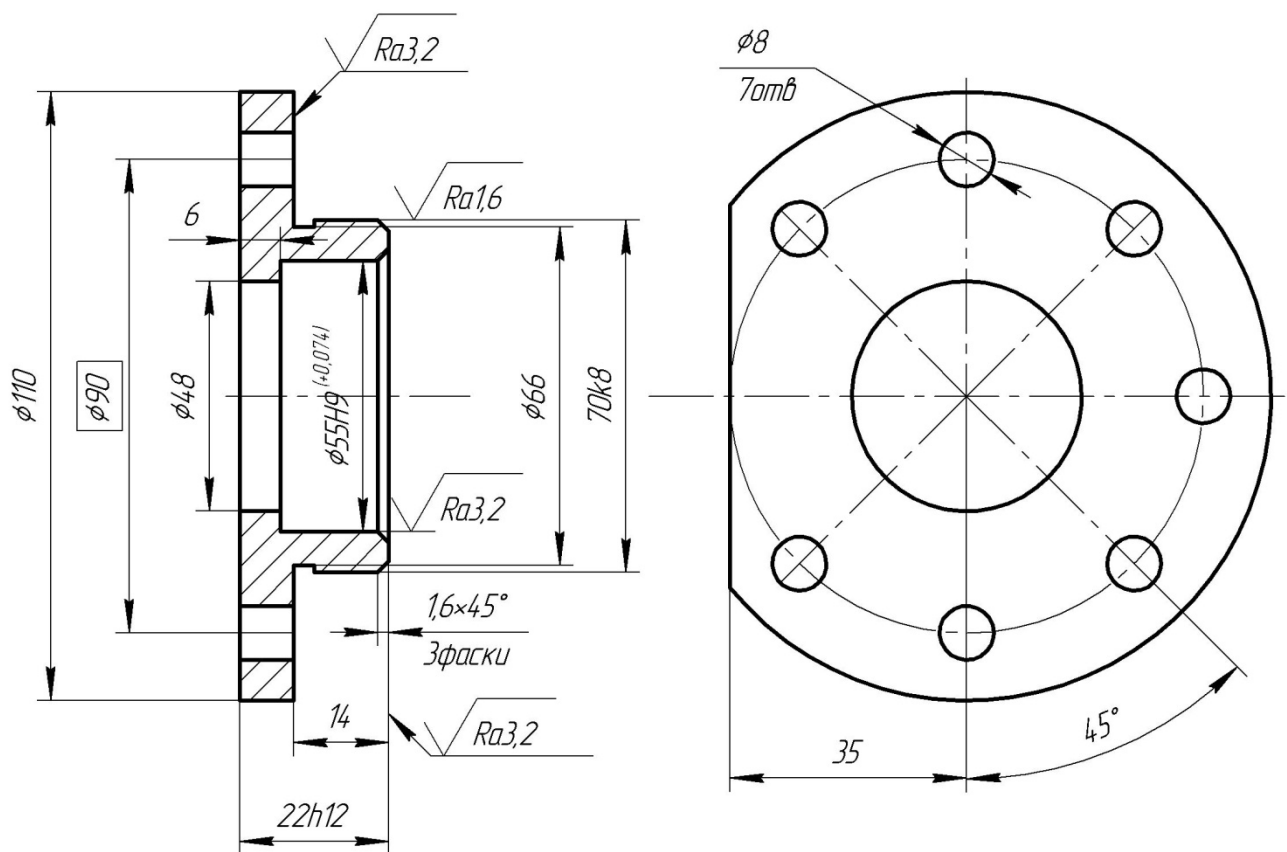
Номер детали – 151001.000000.016

Наименование – Стакан

Материал – Сталь 40 ГОСТ1050–88

Масса – 2,7 кг

$\sqrt{Ra6,3 (\checkmark)}$



Неуказанные предельные отклонения по H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

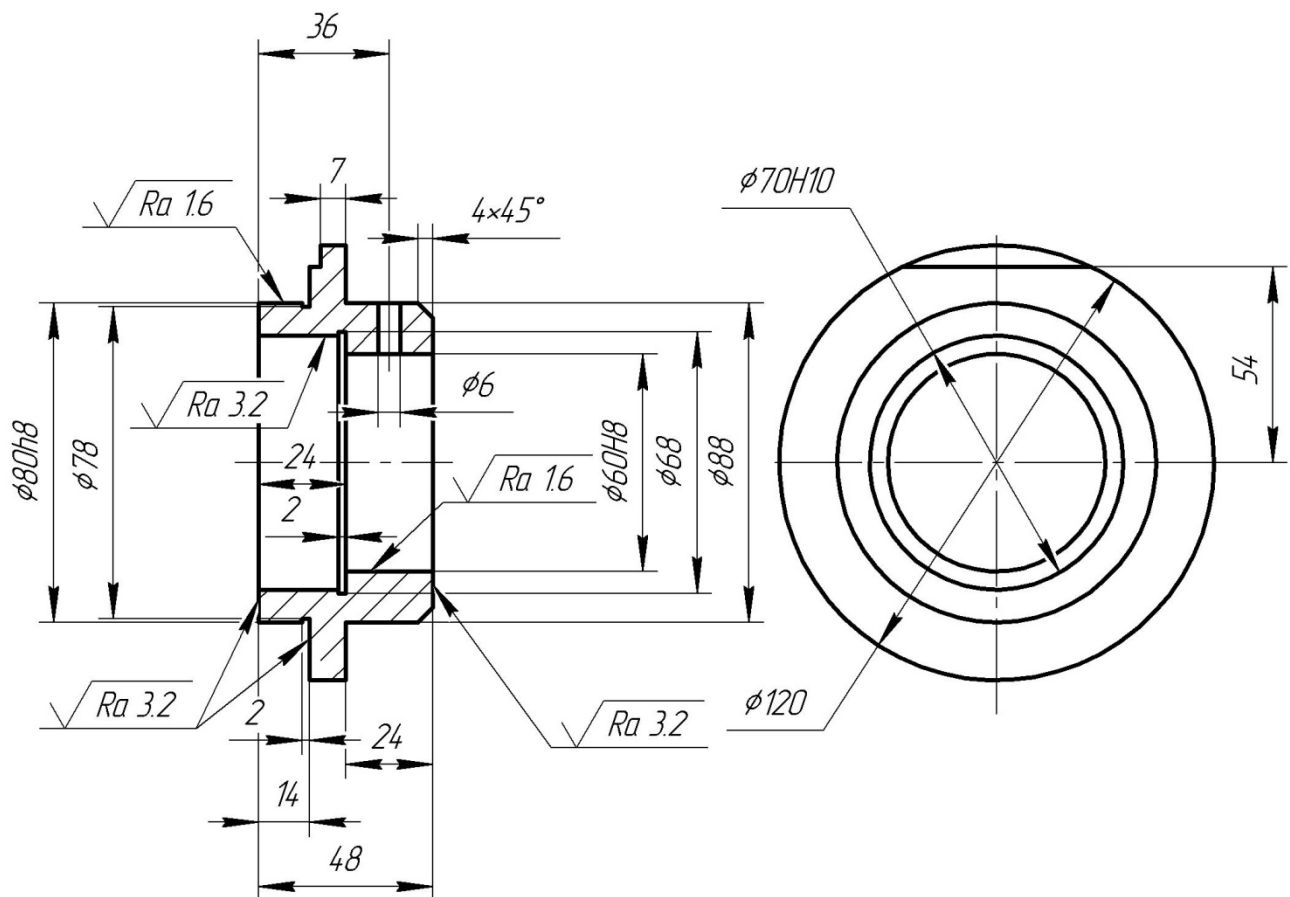
Номер детали – 151001 000000 017

Наименование – крышка подшипника

Материал – Сталь 35 ГОСТ1050-88

Масса – 2,1 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.0000000.018

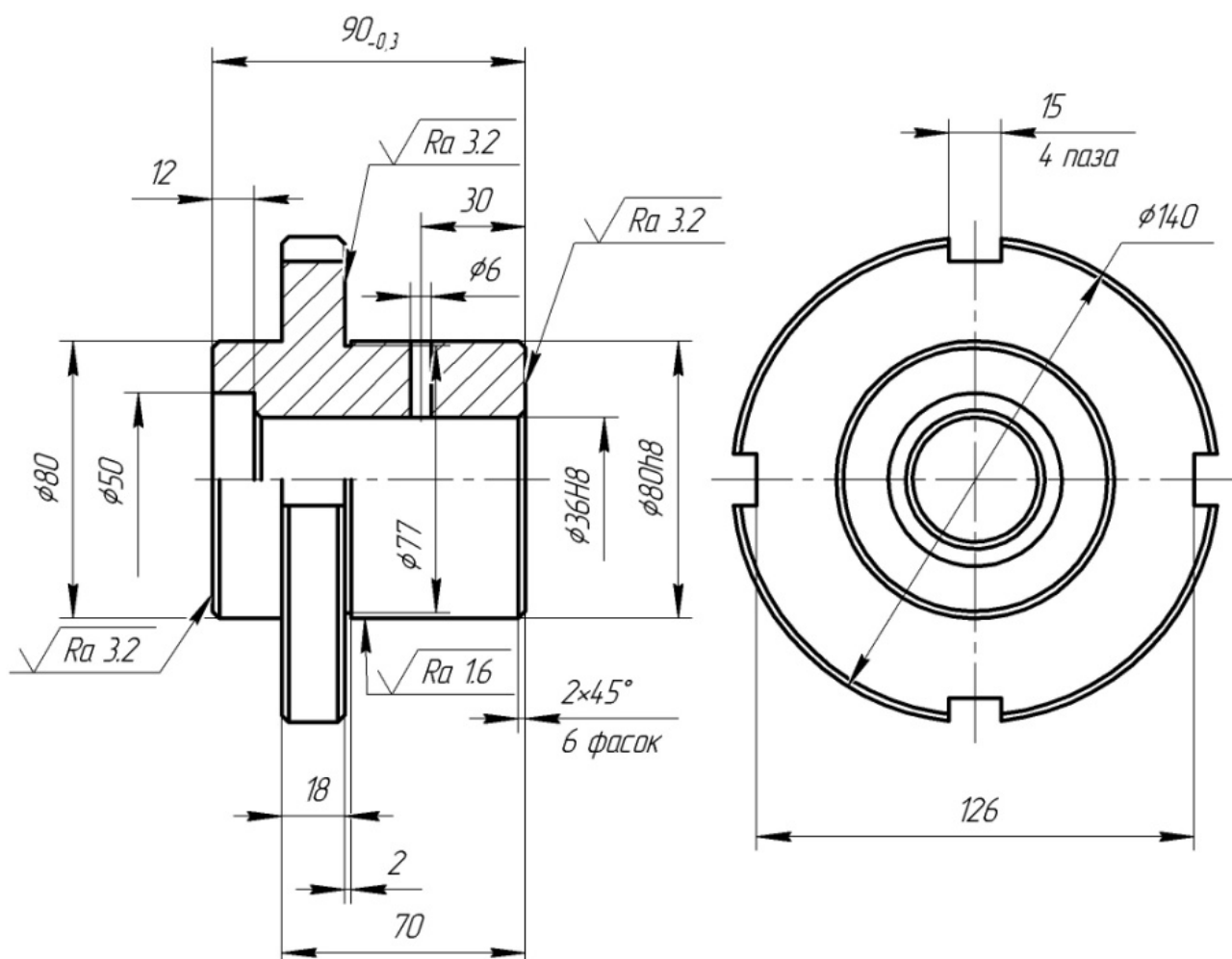
Наименование - Фланец

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 2,5 кг



$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.0000000.020

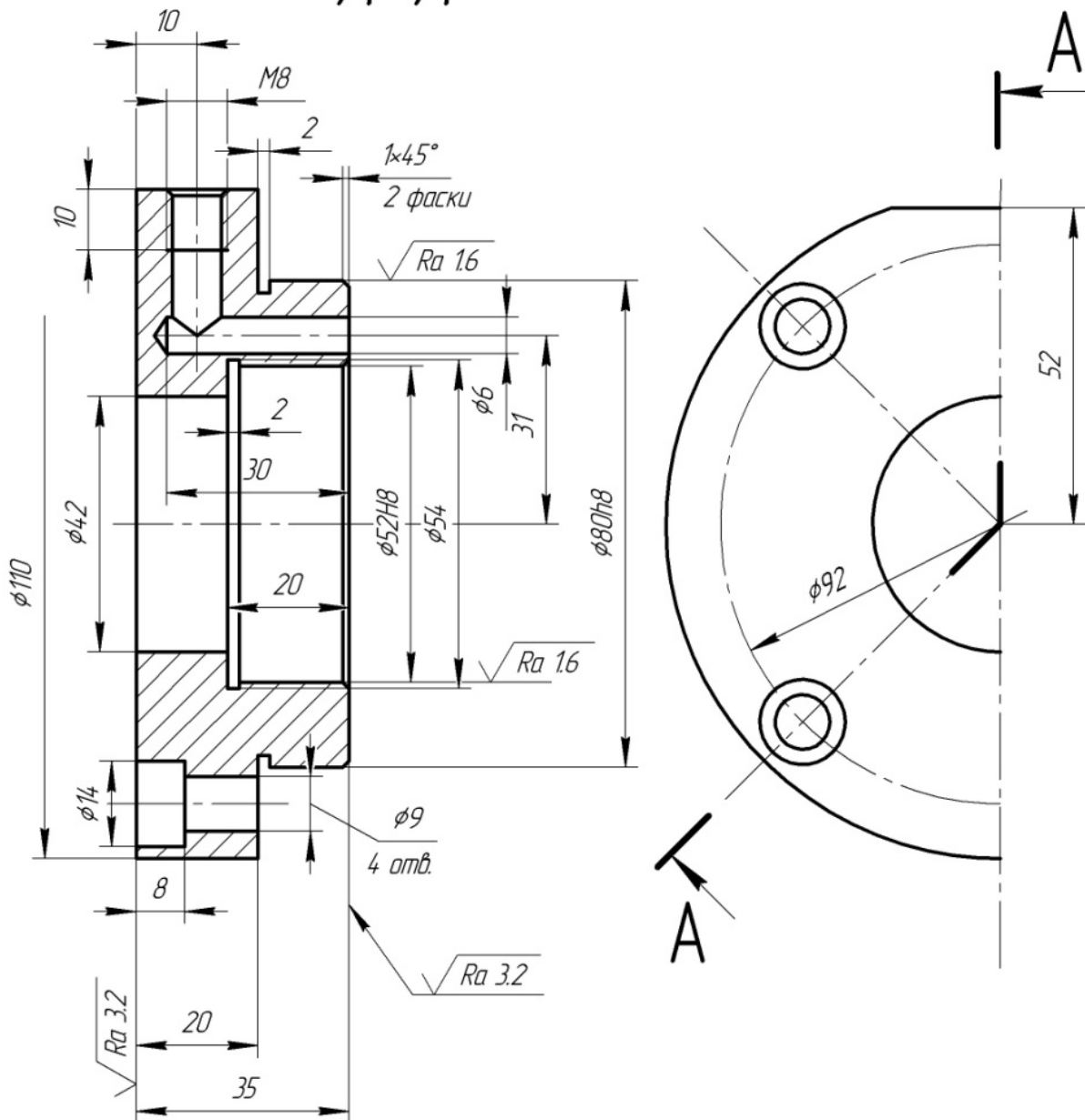
Наименование - Втулка

Материал - Сталь 50 ГОСТ1050-88

Масса - 1,2 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\sqrt{1})}$

A-A



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: h14, H14, $\pm IT14/2$.

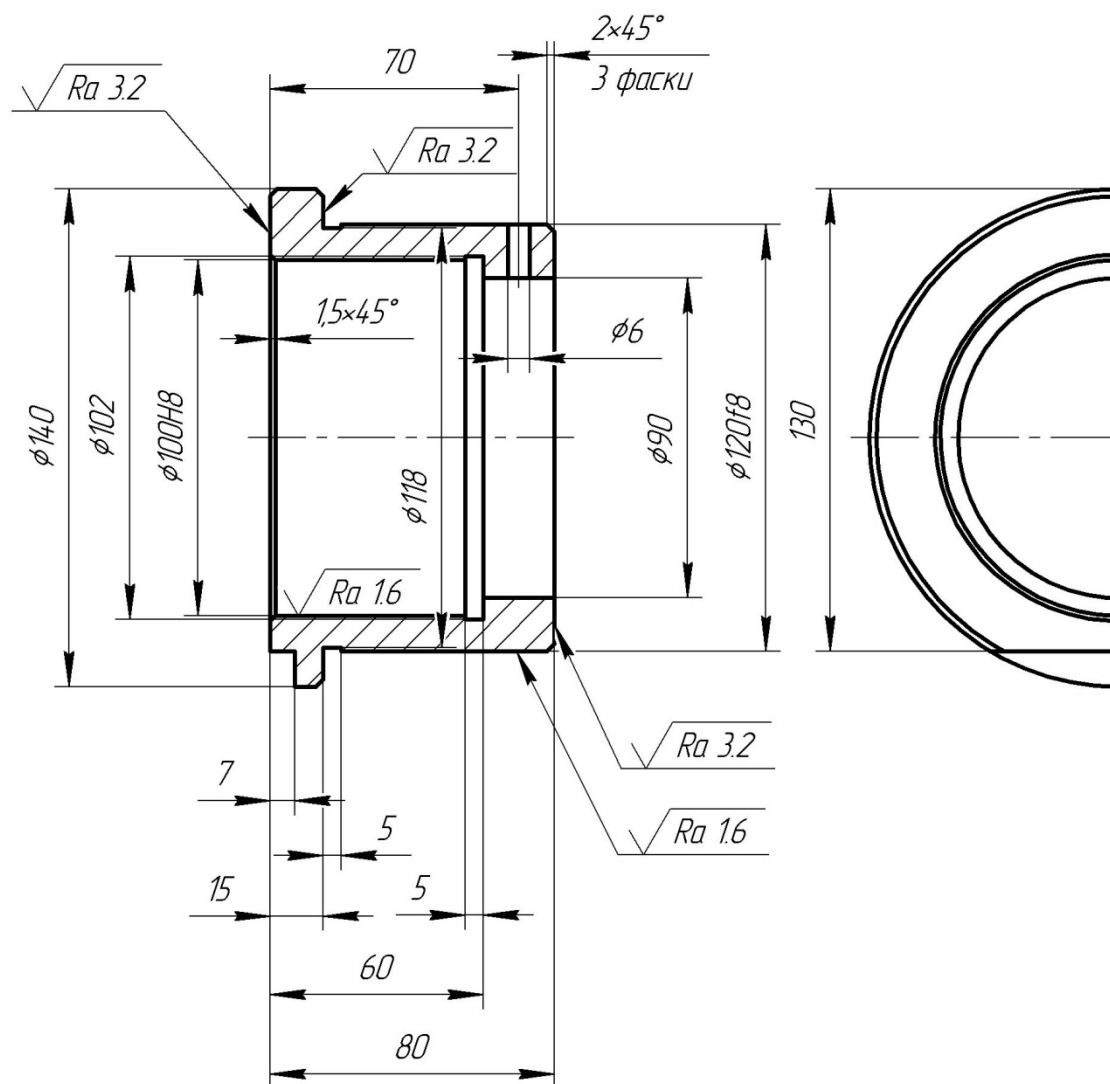
Номер детали - 151001.0000000.021

Наименование - Полумуфта

Материал - Сталь 40 ГОСТ1050-88

Масса - 1,57 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.022

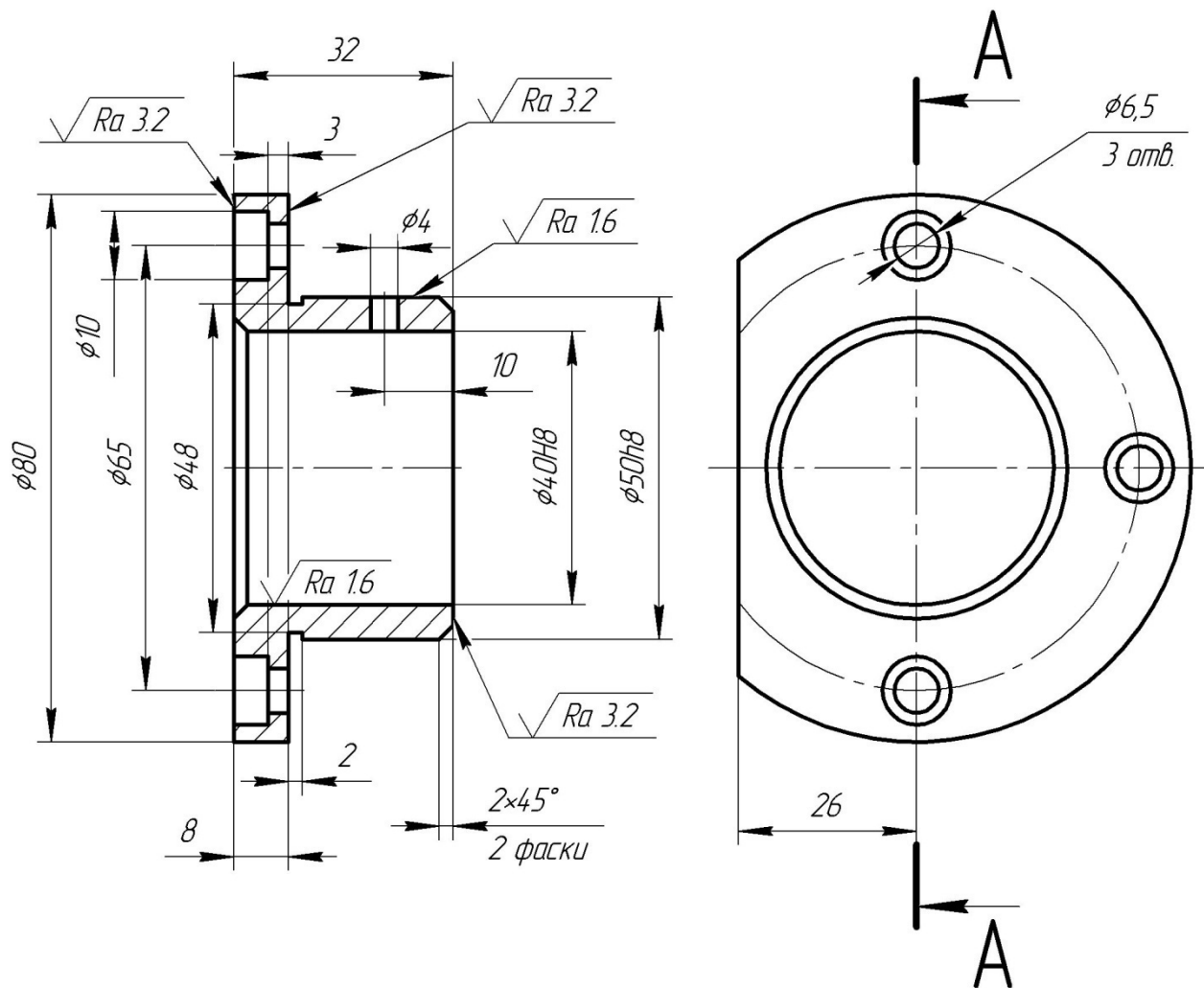
Наименование - Гнездо

Материал - Сталь 35 ГОСТ 1050-88

Масса - 2,9 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)

A-A



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

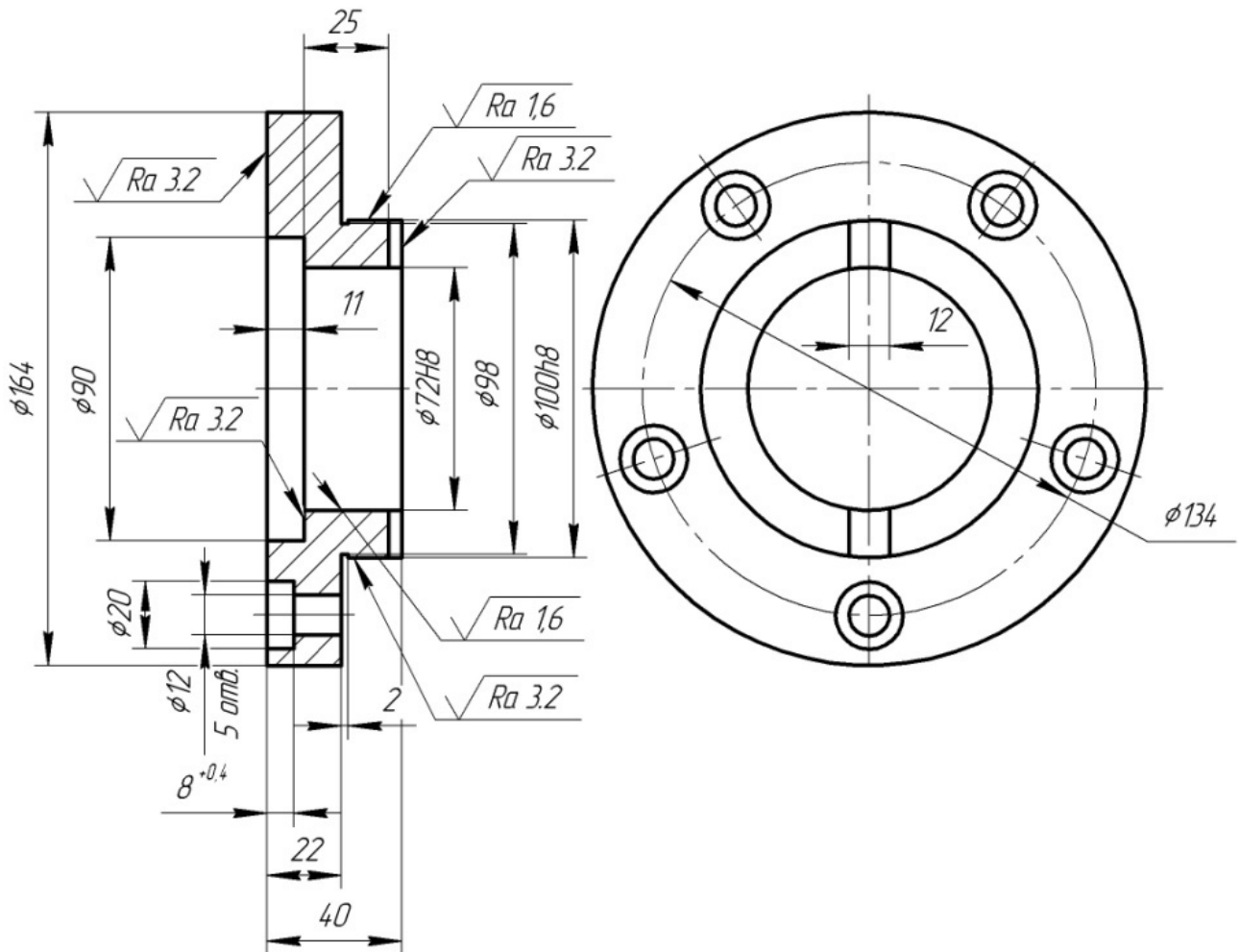
Номер детали - 151001.0000000.023

Наименование - Крышка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 0,4 кг

$\sqrt{Ra\ 6.3}$ (✓)



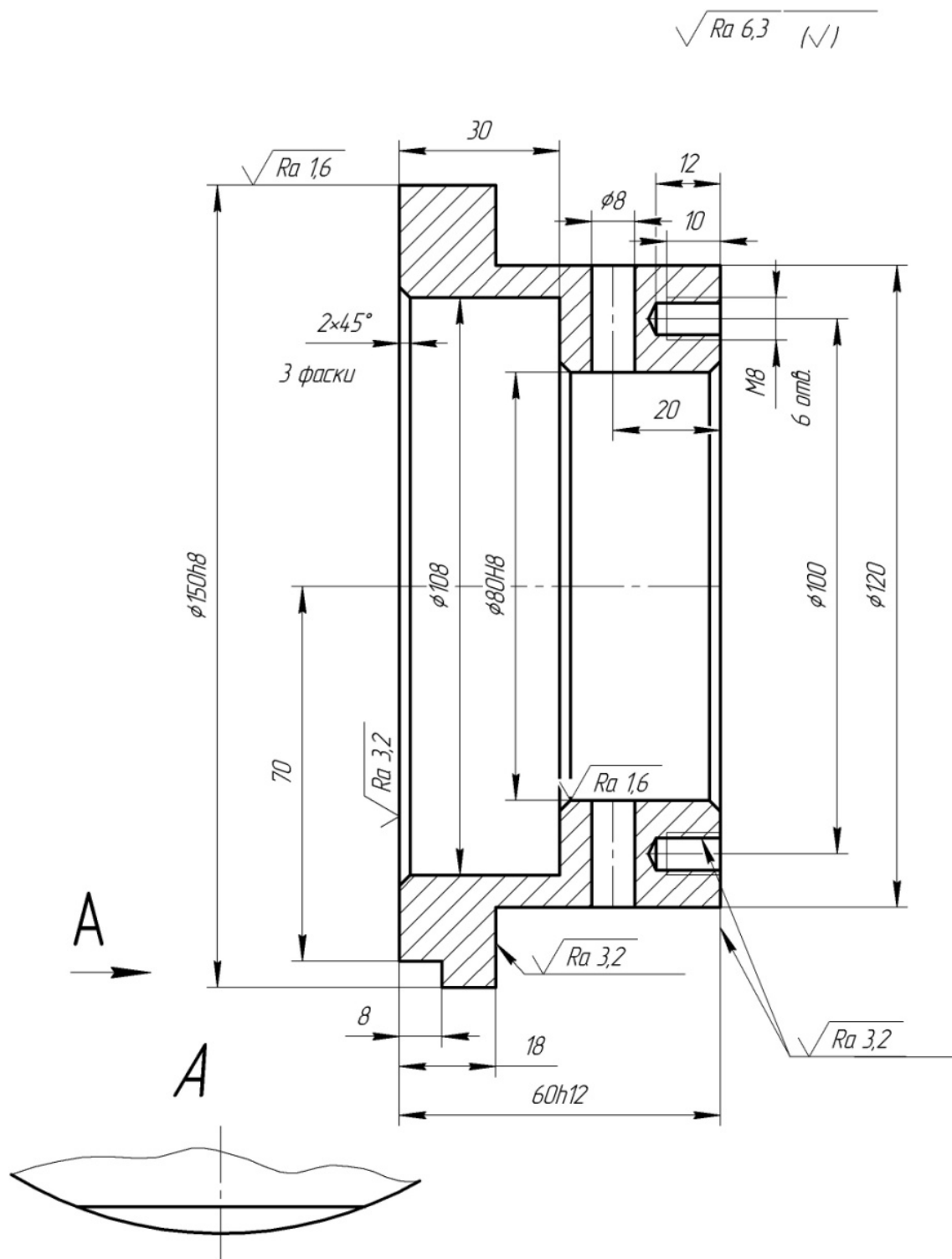
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.024

Наименование - Крышка

Материал - Ст3 ГОСТ 380-94

Масса - 3,9 кг



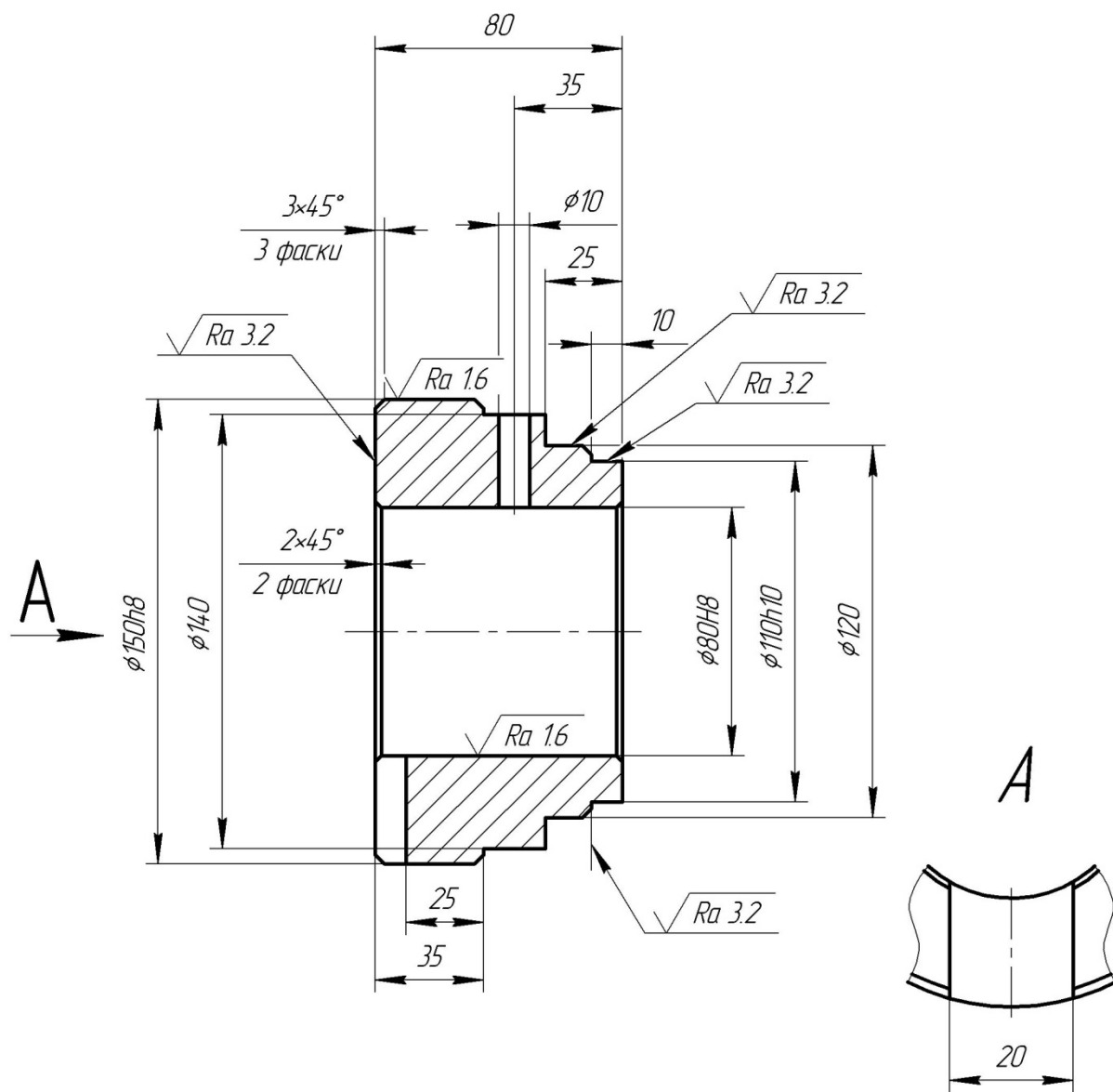
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$

Номер детали - 151001.000000.025

Наименование - Втулка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 2,5 кг



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

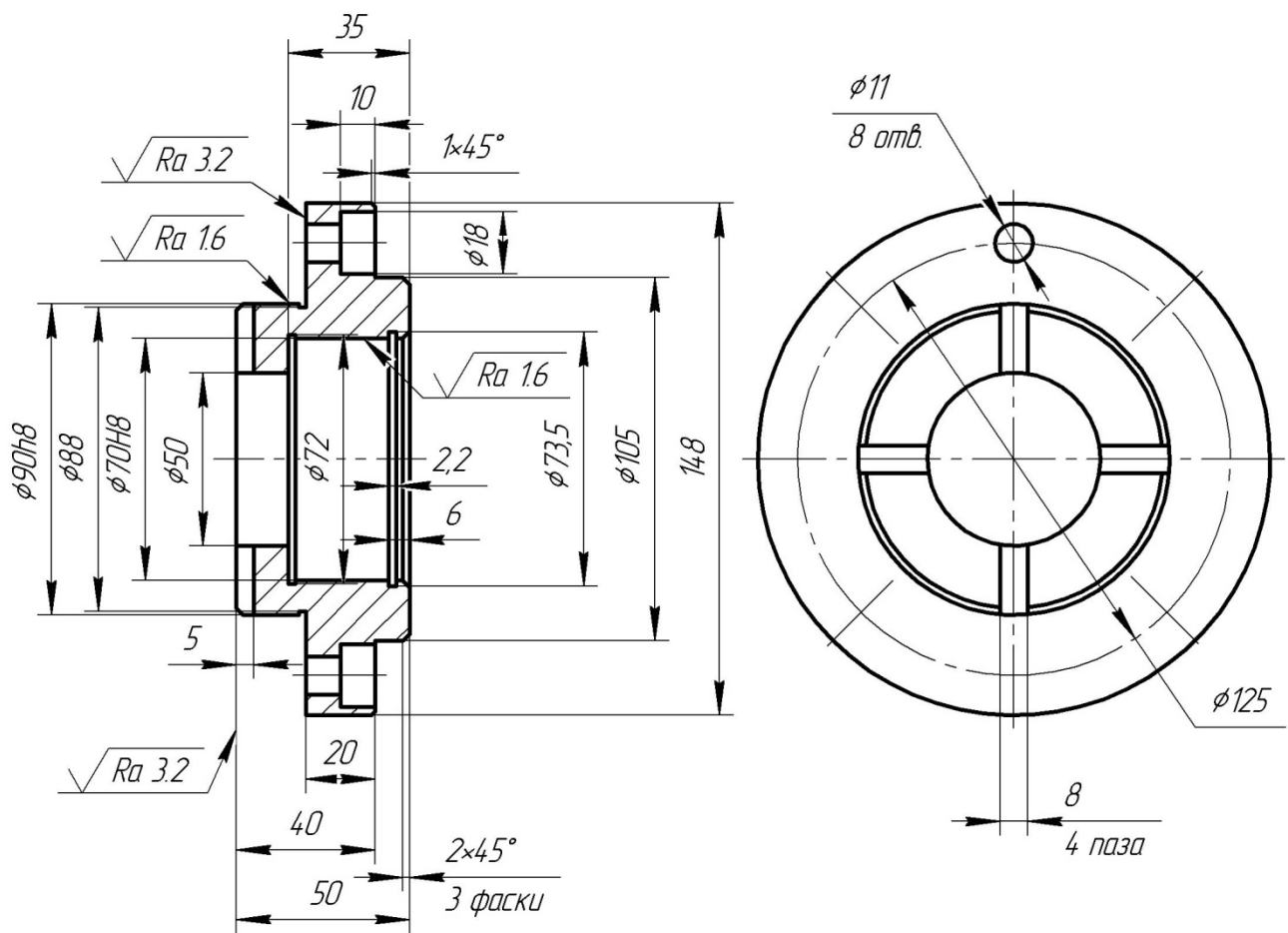
Номер детали - 151001.000000.026

Наименование - Втулка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса 3,2 кг

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)



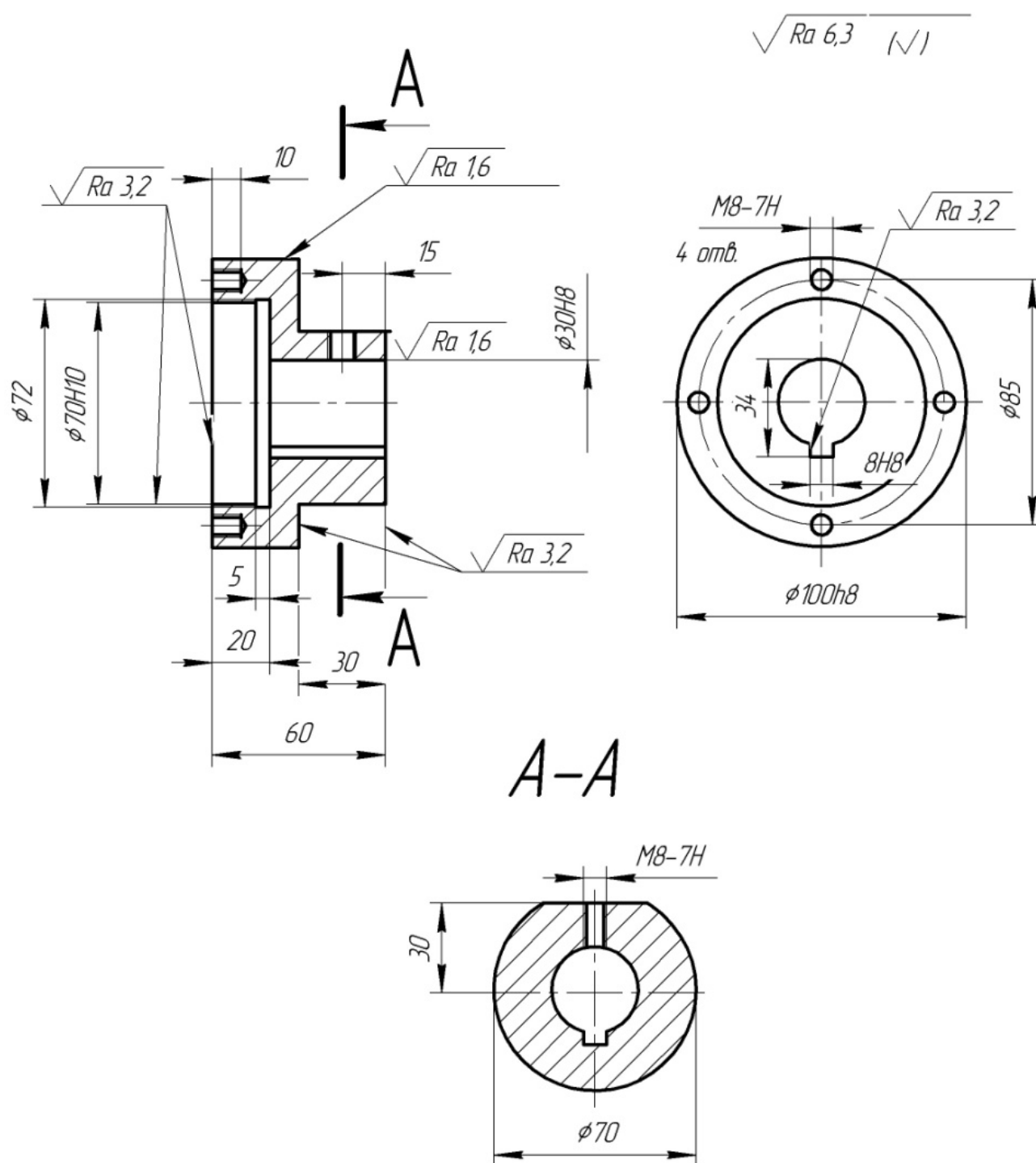
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.028

Наименование - Крышка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 2,4 кг



1 Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

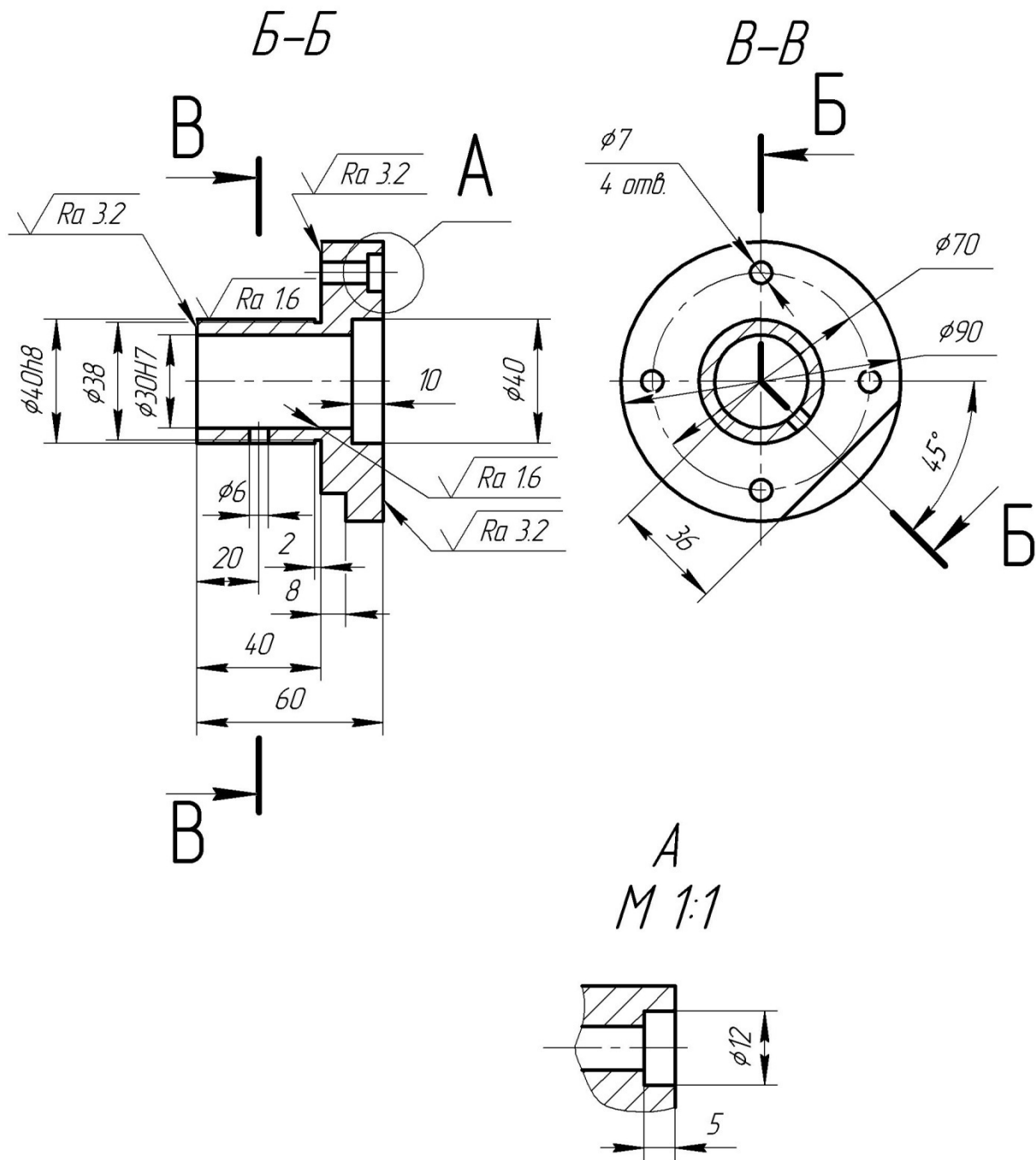
Номер детали - 151001.0000000.029

Наименование - Насадка

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

Масса - 1,3 кг

$\sqrt{Ra\ 6,3}$ (✓)



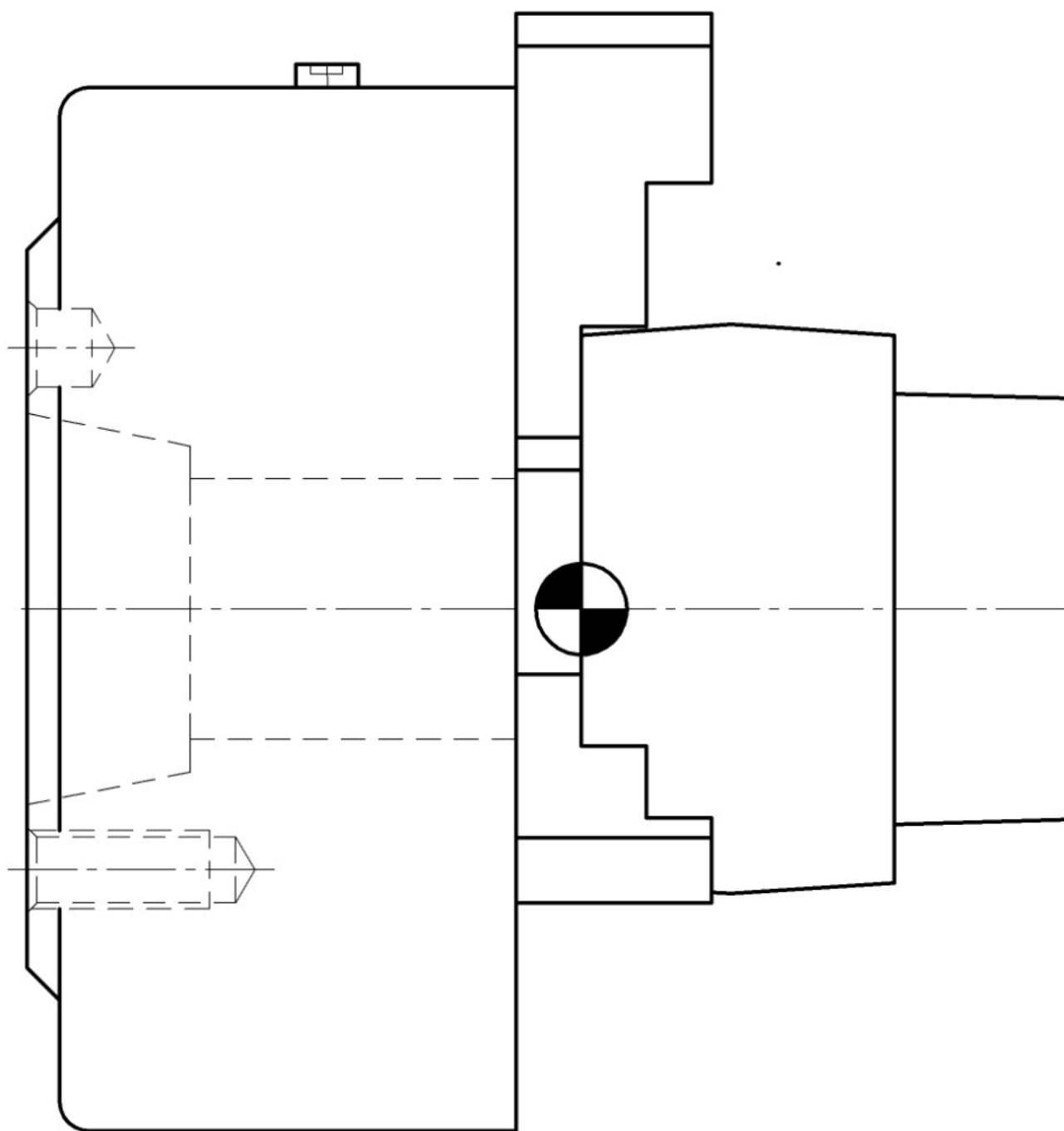
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$.

Номер детали - 151001.000000.030

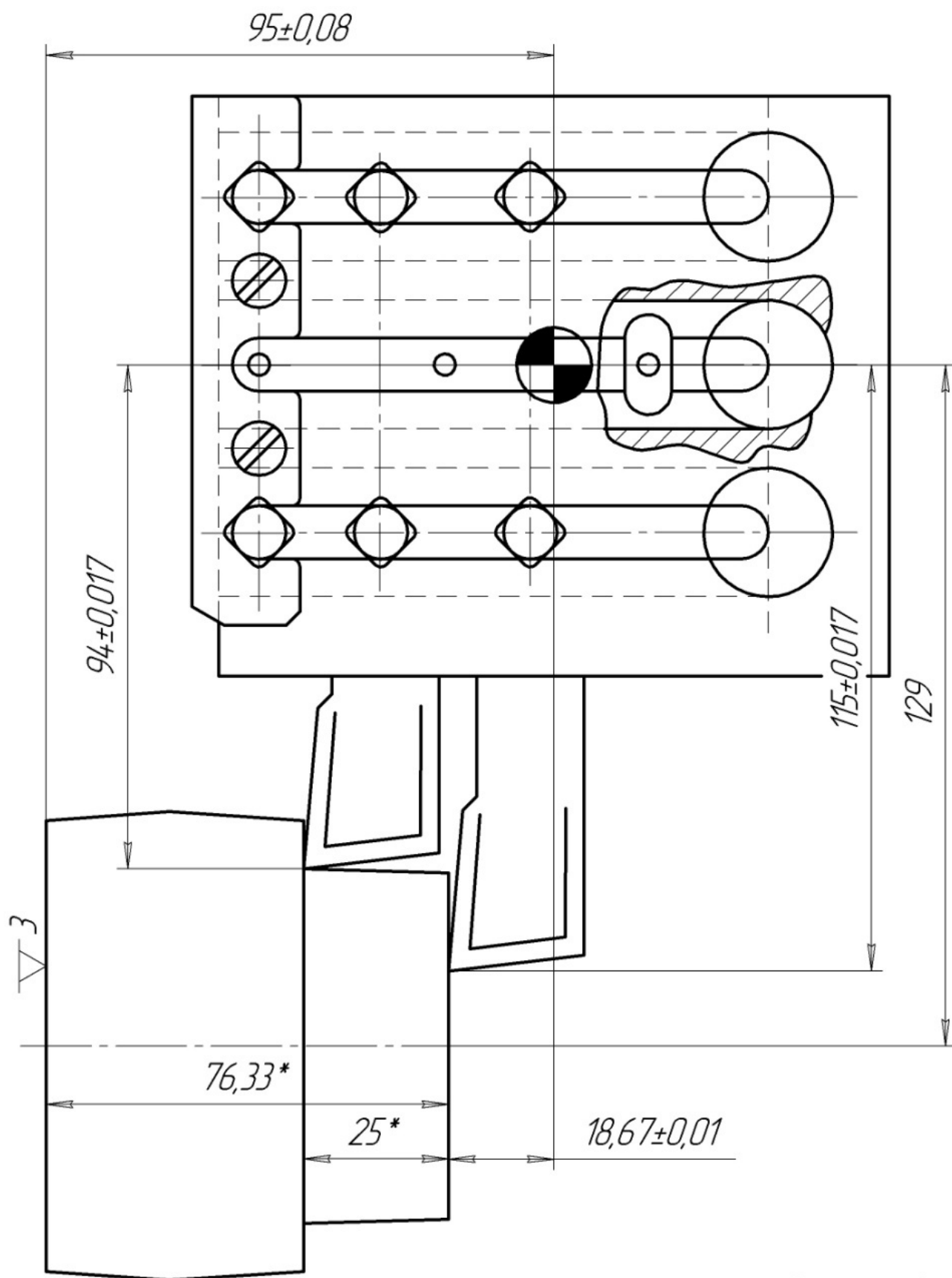
Наименование - Фланец

Материал - Сталь 45 ГОСТ1050-88

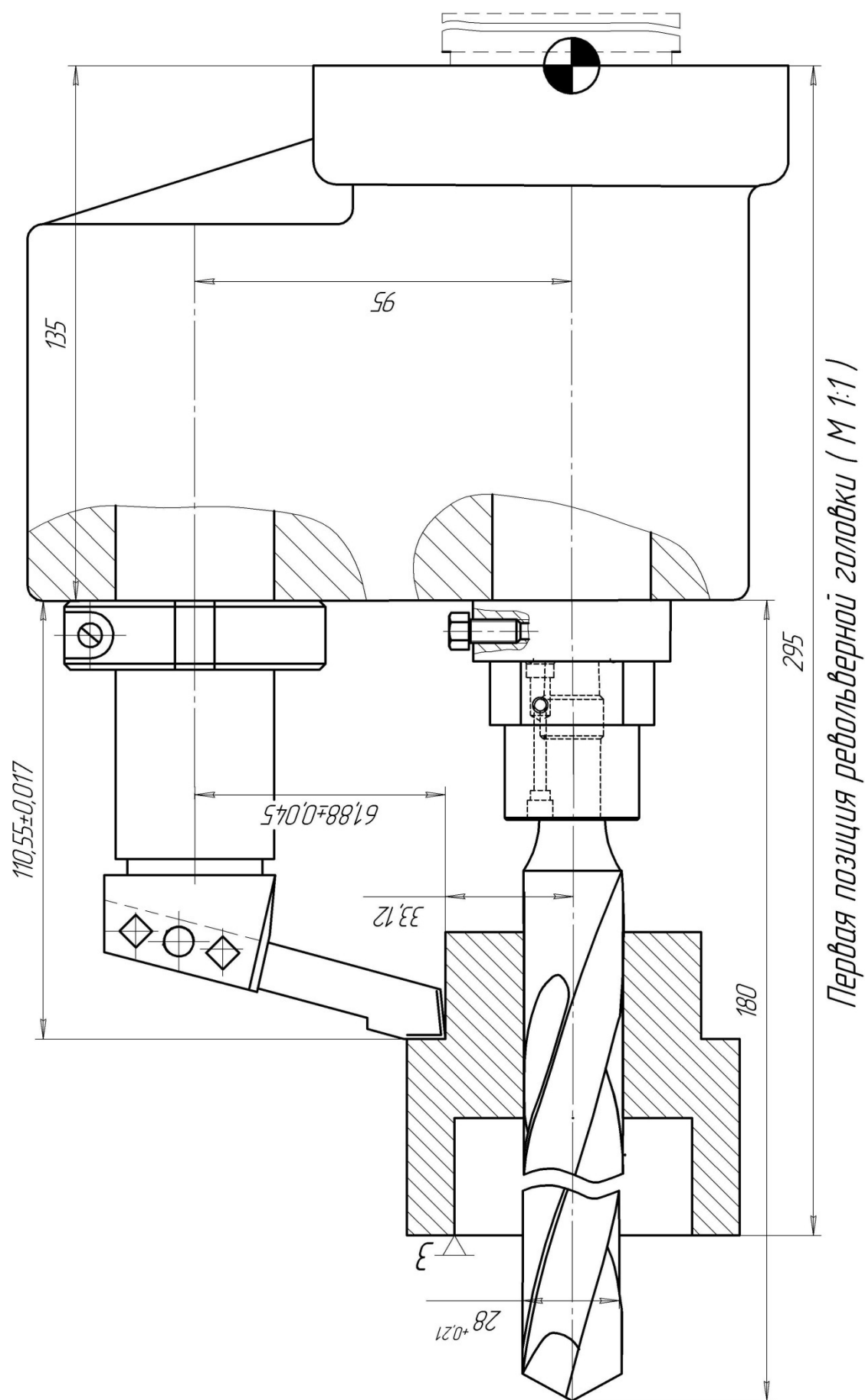
Масса - 1,1 кг

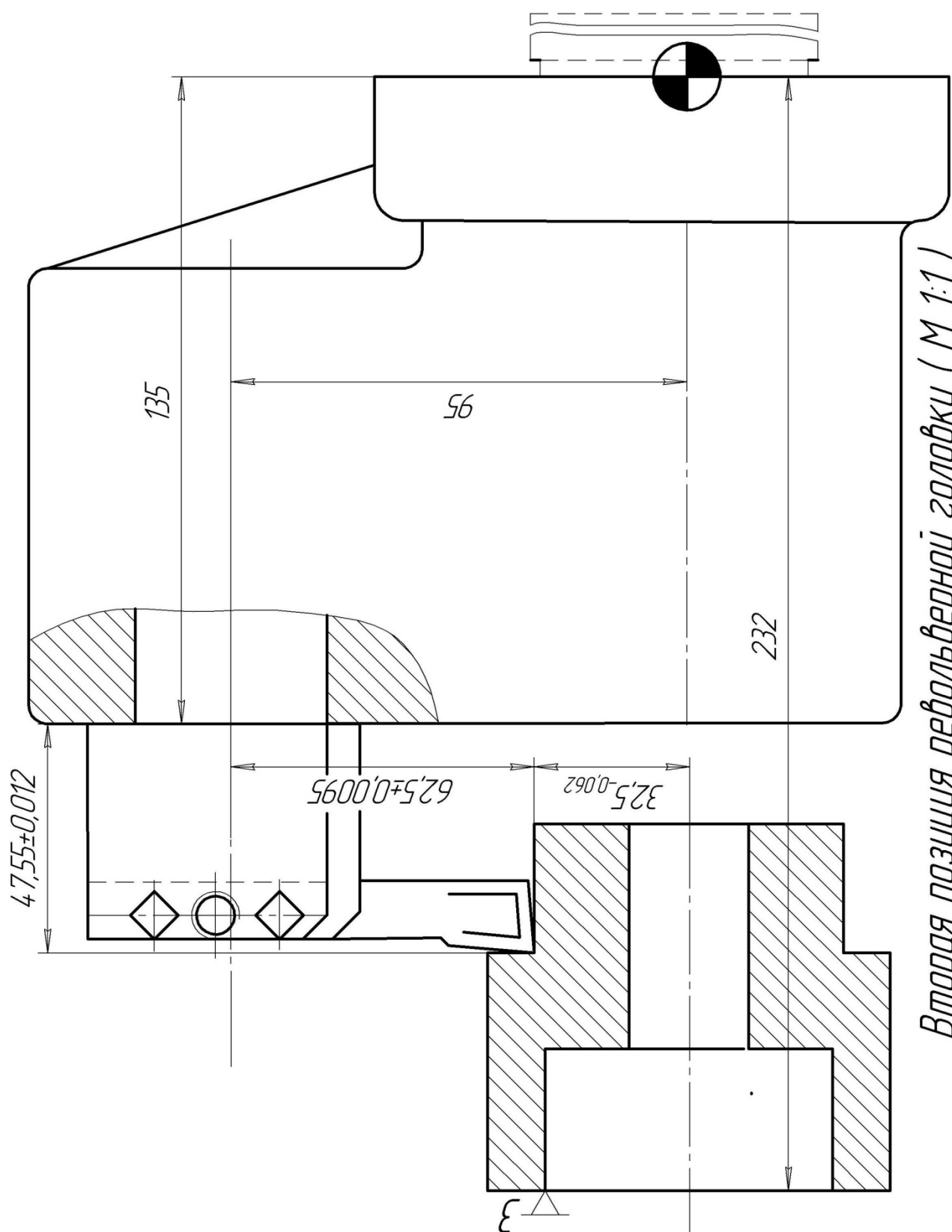


*Установка заготовки
в самоцентрирующем патроне (М 1:1)*

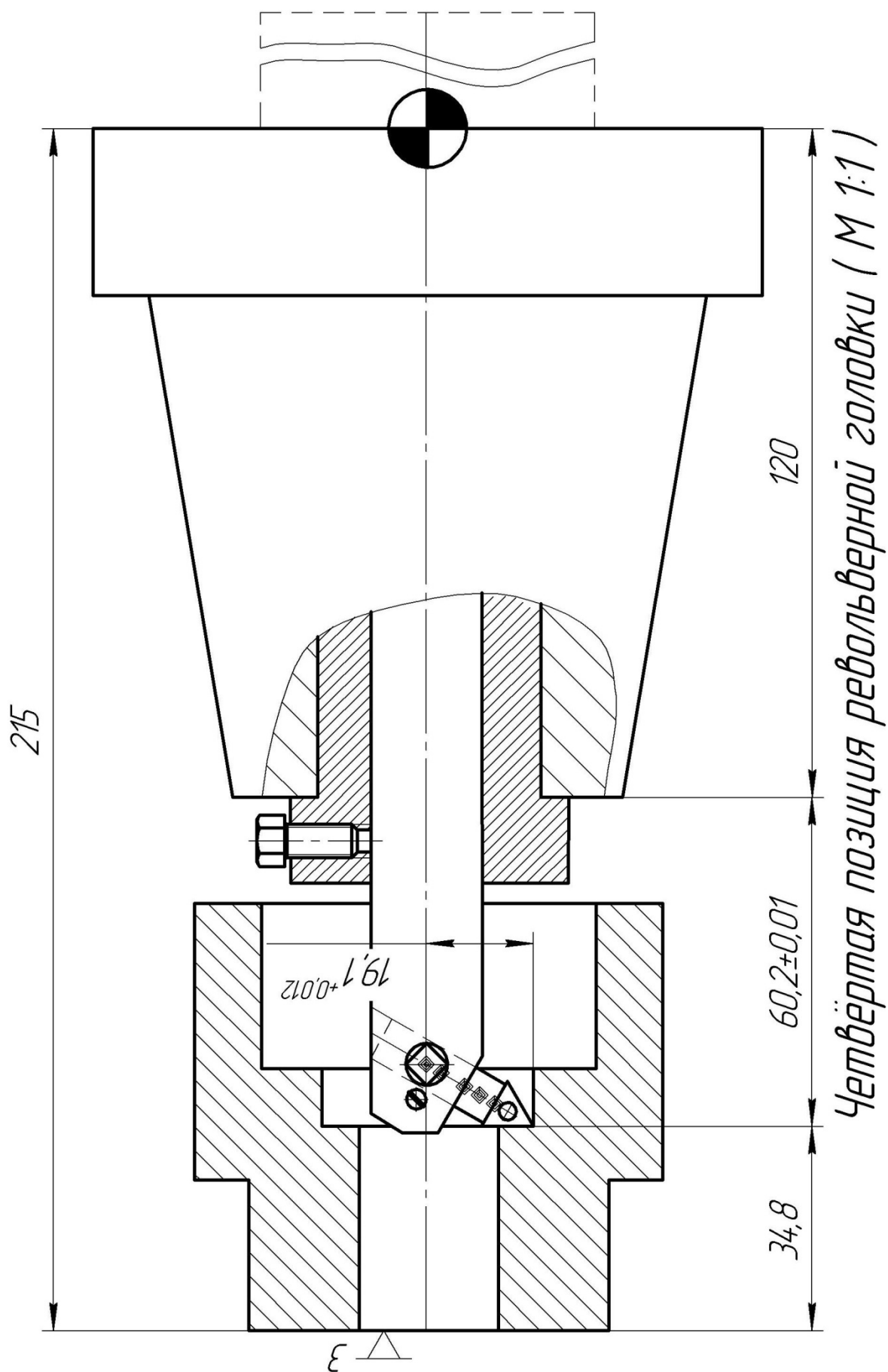


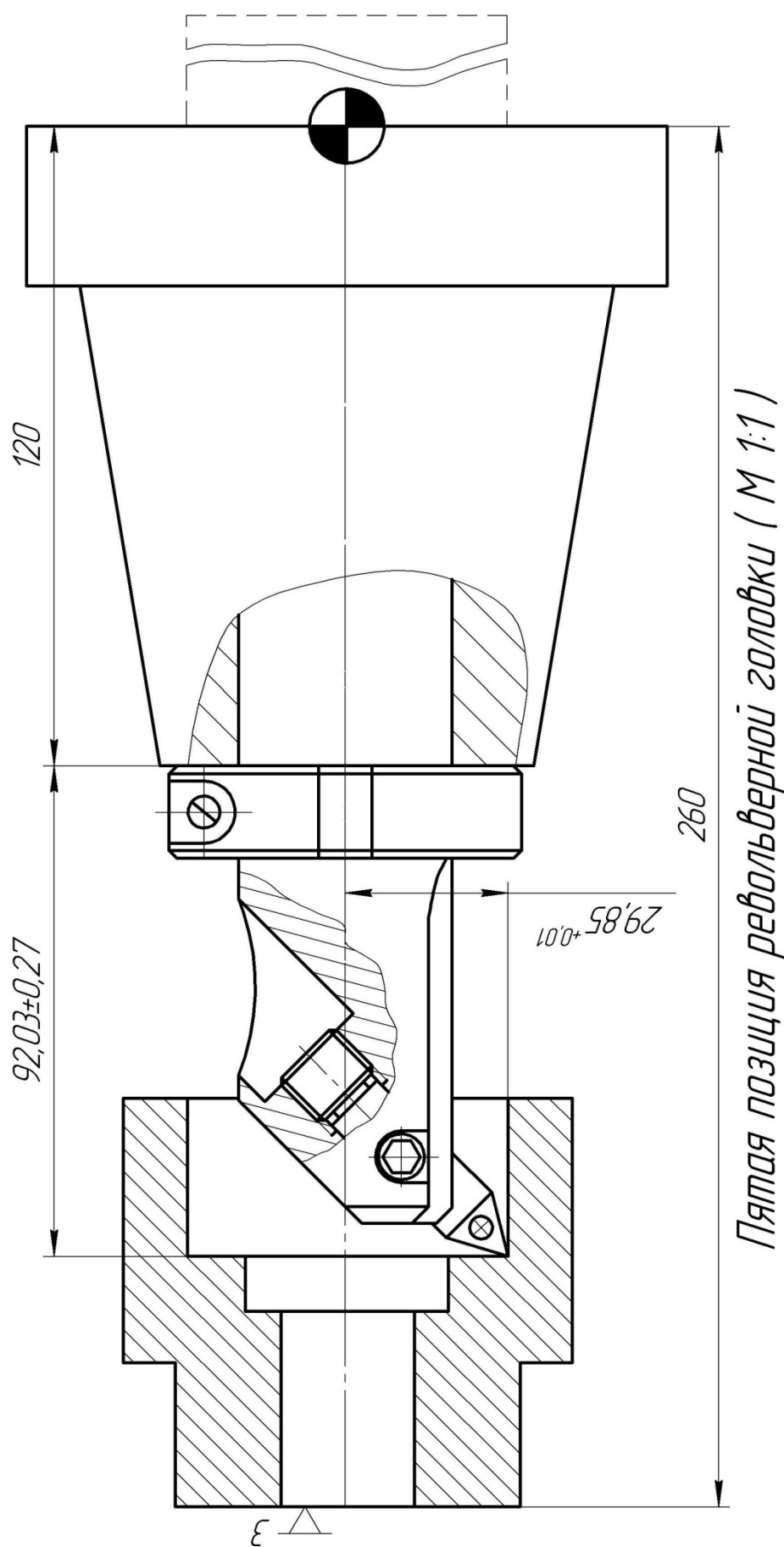
Задний резцедержатель (М 1:1)

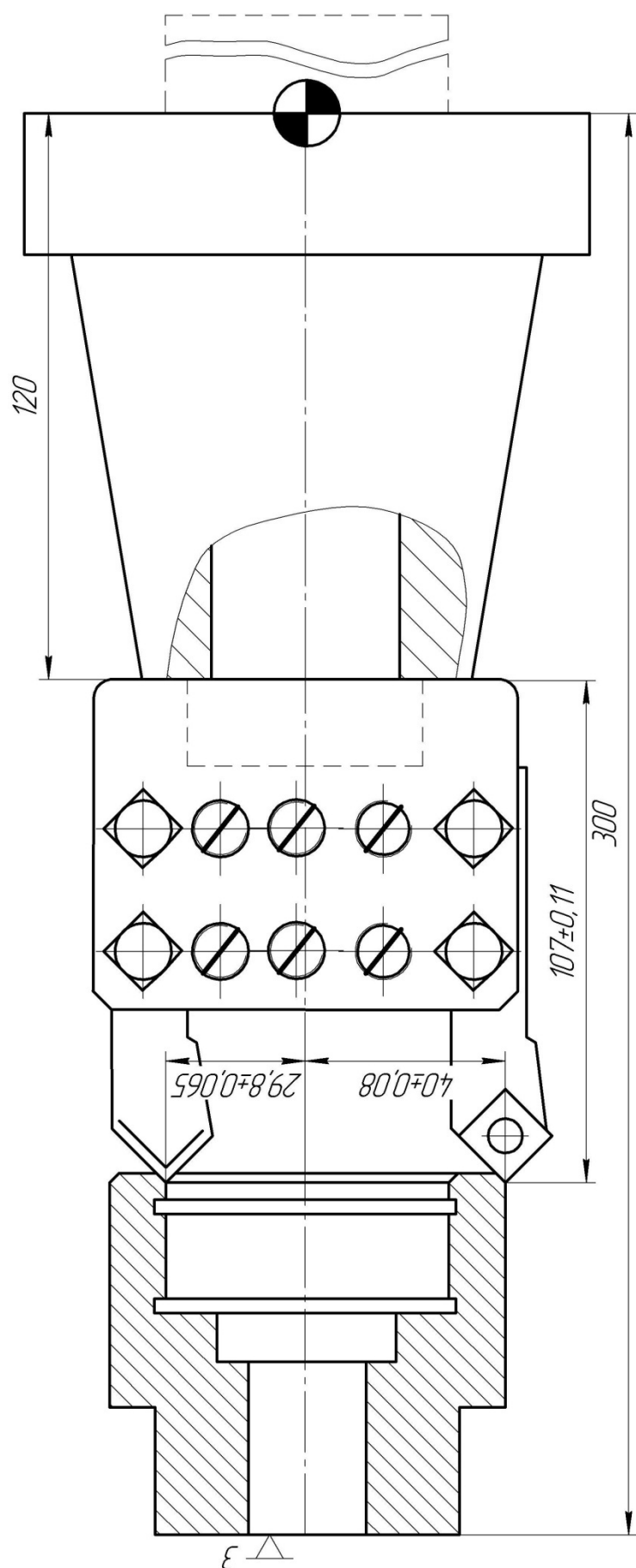




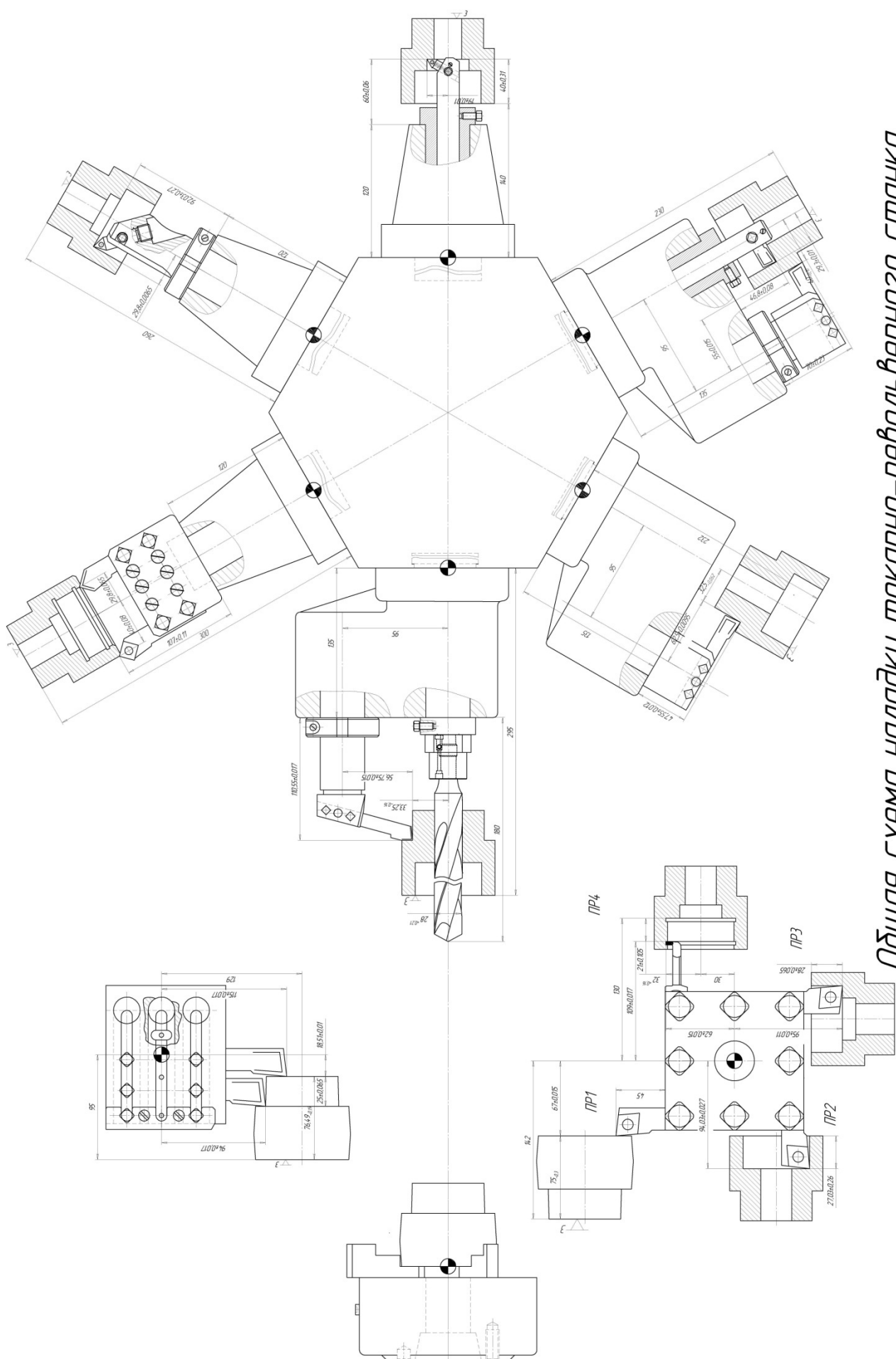
Вторая позиция револьверной головки (М 1:1)







Шестая позиция револьверной головки (М 1:1)



Общая схема наладки токарно-револьверного станка

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ ОБРАБОТКИ ..	3
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА ПРОИЗВОДСТВА	3
3. НУМЕРАЦИЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	6
4. ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ	6
4.1. Выбор способа получения заготовки	6
4.2. Определение припусков, допусков и номинальных размеров исходной заготовки	7
4.2.1. Определение исходного индекса	7
4.2.2. Определение основных припусков	9
4.2.3. Определение дополнительных и общих припусков и номинальных размеров заготовки	9
4.2.4. Назначение допусков, предельных отклонений и определение размеров исходной заготовки	10
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭТАПОВ И МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ..	10
6. ФОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ И РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ	11
6.1. Формирование маршрутного описания	11
6.2. Обоснование выбора оборудования	20
6.3. Обоснование выбора схем базирования по операциям	25
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ И ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ	30
8. РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ	36
8.1. Размерная схема технологического процесса	36
8.2. Назначение предварительных допусков на операционные размеры и размеры исходной заготовки	37
8.3. Построение графов	37
8.4. Канонические уравнения размерных цепей	39
8.5. Проверка точности конструкторских размеров	40
8.6. Проверка поля рассеяния припусков	41
8.7. Определение технологических размеров	43
9. ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	45
9.1. Выбор режимов резания для операции 005 Токарно-револьверная	46
9.2. Выбор режима резания для операции 015 Вертикально-сверлильная	48
9.3. Выбор режима резания на операции 020 Вертикально-фрезерная	49
9.4. Выбор режима резания для операции 025 Внутришлифовальная	51
9.5. Выбор режима резания для круглошлифовальной операции	53
9.6. Выбор режима резания для протяжной операции	54
9.7. Выбор режима резания при резьбонарезании	55
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НОРМЫ ВРЕМЕНИ	58
11. НАСТРОЙКА НА РАЗМЕР РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ	71
12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	82
12.1. Выбор аналога приспособления	82
12.2. Точностной расчет приспособления	83
12.3. Силовой расчёт приспособления	87
12.3.1. Расчёт составляющих силы резания	87

12.3.2. Расчёт силы зажима заготовки в приспособлении	88
12.4. Расчёт привода приспособления.....	93
12.5. Примеры расчета силы зажима заготовки W в приспособлении	95
Библиографический список	109
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	110
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	133
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ 9.....	180
ПРИЛОЖЕНИЕ 10.....	210

Учебное издание

**Галкин Михаил Геннадьевич,
Ашихмин Владимир Николаевич,
Коновалова Ирина Викторовна,
Смагин Алексей Сергеевич**

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Редактор *Н. П. Кубыщенко*
Компьютерная верстка *А. С. Смагина, Т. С. Кринициной*

Подписано в печать 02.03.2015. Формат 60х84 1/16
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 13,0.
Уч.-изд. л. 10,7. Тираж 150 экз. Заказ №129.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8(343)375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8(343)350-56-64, 350-90-13
Факс: 8(343)358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

